

**Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra telekomunikační techniky**

**Měření vláknově optických vazebních členů se dvěma
protisměrnými laserovými svazky**

**Measurement of Fiber Optic Couplers with Two Counter
Propagating Laser Beams**

2014

Bc. Dušan Griga

Zadání diplomové práce

Student:

Bc. Dušan Griga

Studijní program:

N2647 Informační a komunikační technologie

Studijní obor:

2612T059 Mobilní technologie

Téma:

Měření vláknově optických vazebních členů se dvěma protisměrnými laserovými svazky
Measurement of Fiber Optic Couplers with Two Counter Propagating Laser Beams

Zásady pro vypracování:

Cílem práce je nová aplikace vláknově optických vazebních členů, které jsou buzeny laserovými svazky. Vzhledem k jejich vzájemnému ovlivňování lze očekávat změny v jejich intenzitách. Úkolem posluchače je zvládnout experimentální sestavu, změřit změny v rozložení optických výkonů a ve spektru laserových diod v jednotlivých větvích. Dalším cílem je experimentální analýza chování jednotlivých typů laserových diod.

1. Navrhněte a zrealizujte experimentální uspořádání.
2. Ověřte pomocí experimentů časové chování optického výkonu jednotlivých laserových svazků.
3. Analyzujte rozdíly v časovém chování pro laserové diody s F.P. rezonátorem a pro DFB lasery a jejich kombinace.

Seznam doporučené odborné literatury:

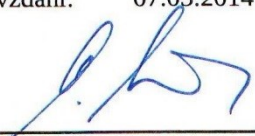
Podle pokynů vedoucího diplomové práce.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

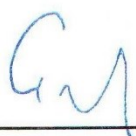
Vedoucí diplomové práce: **prof. RNDr. Vladimír Vašínek, CSc.**

Datum zadání: 01.09.2013

Datum odevzdání: 07.05.2014


doc. Ing. Miroslav Vozňák, Ph.D.
vedoucí katedry

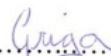



prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

Prehlásenie študenta

Prehlasujem, že som túto diplomovú prácu vypracoval samostatne. Uviedol som všetky literárne pramene a publikácie, z ktorých som čerpal.

V Ostrave dňa: *6. mája 2014*

..........
podpis študenta

Pod'akovanie

Rád by som na tomto mieste poďakoval všetkým, ktorí mi s prácou pomohli, pretože bez nich by táto práca nevznikla. No najviac sa chcem poďakovať pánu prof. RNDr. Vladimíru Vašínkovi, CSc. za cenné rady a pripomienky i odbornú pomoc, ktorú mi poskytol.

Abstrakt

Diplomová práca sa zaoberá novou aplikáciou, ktorá má za úlohu overiť, či je možné ovládať vlastnosti jedného zdroja svetla iným zdrojom svetla. Vzájomné ovládanie svetelných zväzkov je základom budúcich celo-optických spínačov v telekomunikačných a dátových sieťach. Vzhľadom k ich vzájomnému ovplyvňovaniu možno očakávať zmeny v ich intenzitách. Teoretická časť má za úlohu čitateľovi priblížiť problematiku laserových diód (LD). Táto problematika sa zaoberá hlavne charakteristikou, typmi a štruktúrou použitých LD. V druhej časti diplomovej práce popisujem postup a spracovanie jednotlivých meraní. Meranie sa uskutočňovalo v laboratórnych podmienkach niekoľkými metódami. Namerané údaje sú zaznamenané v tabuľkách a grafoch. Výsledok práce je zahrnutý v záveru.

Kľúčové slová

Fabry-Perotov laser; DFB laser; LED; vlnová dĺžka; vlnovod; ziskom riadený laser; indexom riadený laser; priečny mód; postranný mód

Abstract

This thesis deals with a new application that is to verify whether it is possible to control the properties of a single light source to other sources of light. Mutual control of light beams is the foundation for future all-optical switches in telecommunications and data networks.. Relative to their effect can be expected to change in their intensities. The teoretical part of the reader's task to bring the issue of laser diodes (LD). This issue is mainly concerned with the characteristics, types and structure of the LD. In the second part of the thesis describes the procedure and processing of individual measurements. Measurements are taken in the laboratory by several methods. Measured values are recorded in tables and graphs. Result of this work is included in the conclusion.

Key words

Fabry-Perot laser; DFB laser; LED; wavelength; waveguide; gain guiding; index guiding; lateral mode; transverse mode

Zoznam použitých symbolov

Symbol	Jednotky	Význam symbolu
U	V	Napätie
I	A	Prúd
P	W	Optický výkon
λ	nm	Vlnová dĺžka
n	-	Index lomu
L	m	Dĺžka
Δ	nm	Rozdiel hodnôt 2 vlnových dĺžok
Θ	dBm	Rozdiel hodnôt 2 výkonov
P	dBm	Výkon
Pc	dBm	Rozdiel hodnôt 2 výkonov
Pd	dBm	Rozdiel hodnôt 2 výkonov

Zoznam použitých skratiek

Skratka	Význam
DFB	Distributed feedback laser - laser s rozprestretou spätnou väzbou
F-P	Fabry-Perot laser
LED	Light-Emitting Diode - svetlo vyžarujúca dióda
LD	Laserová dióda
BW	Bandwith - šírka pásma
Eg	Šírka zakázaného pásu
DHL	Lasery s dvojitou heteroštruktúrou
SHL	Lasery s jednotnou heteroštruktúrou
HS	Hetero-štruktúrne lasery
SLED	Surface Light-emitting diode

Zoznam použitých termínov

Termín	Význam termínu
Šírka pásma	Je miera kmitočtového rozsahu kmitočtovo závislej funkcie. Jej hodnota sa odvíja od poklesu funkcie na 50% (-3dB) výkonovej úrovne oproti jej maximálnej hodnoty.

Obsah

Úvod.....	- 1 -
1 Typy a štruktúry polovodičových laserových diód	- 2 -
1.1 Základná štruktúra polovodičových laserových diód.....	- 2 -
1.1.1 Typy a štruktúry dlhovlnných polovodičových laserových diód	- 3 -
1.2 Módové riadenie v polovodičových laseroch.....	- 4 -
1.2.1 Indexom a ziskom riadené lasery	- 5 -
1.2.2 Priečne módové riadenie	- 6 -
1.3 Žiariaci vzor F-P laseru	- 6 -
1.4 Monolitické laserové zrkadlá	- 8 -
1.4.1 Lasery s rozprestretou spätnou väzbou.....	- 8 -
1.5 LED dióda	- 9 -
1.5.1 Štruktúra LED diódy	- 10 -
1.5.2 Vyžarujúce svetlo LED diódy	- 10 -
1.5.3 Charakteristické hodnoty vlnových dĺžok	- 11 -
1.5.4 Druhy LED	- 11 -
2 Meranie laserových diód	- 13 -
2.1 Použité prístroje a zariadenia	- 13 -
2.2 Zapojenie meracieho pracoviska	- 18 -
2.3 Meranie s DFB laserom.....	- 20 -
2.3.1 Postup merania	- 20 -
2.3.2 Porovnanie spektier DFB laseru	- 20 -
2.4 Meranie s F-P laserom.....	- 21 -
2.4.1 Postup merania	- 21 -
2.4.2 Ukážka nameraných hodnôt F-P laseru	- 22 -
2.4.3 Porovnanie spektier F-P laseru	- 24 -
2.4.4 Grafy závislosti.....	- 25 -
2.5 Meranie LED.....	- 29 -
2.5.1 Postup merania	- 29 -
2.5.2 Ukážka nameraných hodnôt LED diódy	- 30 -

2.5.3	Porovnanie spektier LED diódy	- 31 -
2.5.4	Grafy závislosti.....	- 32 -
Záver		- 35 -
Použitá literatúra		- 37 -
Zoznam príloh		- 38 -

Úvod

Počiatky laseru neboli nejako výrazné. Najprv existovala Einst einova teória, že by za vhodných podmienok mohlo vzniknúť svetlo neobvyklého žiarenia. Ďalších 40 rokov trvalo, než sa takéto žiarenie zostrojilo. Prvý funkčný laser predviedol Theodore Harold Maiman už 16. mája 1960. Ako aktívne prostredie používal kryštál rubínu, do ktorého premietal záblesky obyčajného svetla. Od tej doby sa postupom času začali lasery rýchlo rozširovať a rozbiehať do rôznych oborov ako napríklad do vedy, priemyslu, medicíny, chémie, biológie, energetiky, výpočtovej techniky, ale taktiež aj do bežného života. Už v roku 1961 bolo žiarenie takéhoto laseru použité k liečeniu očných a kožných onemocnení. Dnes sa s lasermi stretávame veľmi často a ani si to nemusíme uvedomovať. Polovodičové lasery sú dnes najpoužívanejšie lasery. Základom je laserová dióda, ktorá má veľmi malé rozmery. Na jednej strane je to jej výhoda, na druhej strane však jej nevýhoda kvôli väčšej rozbiehavosti ako u ostatných typoch laserov. Účinnosť laserovej diódy môže dosahovať až 50% a jej výkon sa dá ľahko meniť zmenou elektrického prúdu. Vďaka týmto vlastnostiam našli laserové diódy svoje uplatnenie predovšetkým vo výpočtovej technike.

Moja diplomová práca sa zaoberá novou aplikáciou, ktorá má za úlohu overiť, či je možné ovládať vlastnosti jedného zdroja svetla iným zdrojom svetla. Vzájomné ovládanie svetelných zväzkov je základom budúcich celo-optických spínačov v telekomunikačných a dátových sieťach. Pri overovaní využívam Fabry-Perotov laser, DFB laser a jednu LED diódu. Celá diplomová práca je rozdelená do dvoch kapitol. V prvej kapitole svojej práce popisujem typy a štruktúry polovodičových laserových diód. Sú tu ukázané rozdiely medzi lasermi s homoštruktúrou a hetero-štruktúrou. Táto kapitola taktiež porovnáva indexom a ziskom riadené lasery. Ďalšia časť kapitoly sa venuje monolitickým laserovým zrkadlám, medzi ktoré patrí DFB laser. Je ukázaná jeho štruktúra, spektrum a taktiež tam nájdeme bližšie informácie o tomto laseru. Koniec kapitoly sa venuje problematike LED diód. Jej princípom, štruktúrou, vyžarovacím svetlom a jednotlivými typmi. Pre lepšie pochopenie danej problematiky sa nachádza v kapitole veľa ilustračných obrázkov. Druhá kapitola sa venuje praktickej časti. Začiatok tejto kapitoly sa venuje použitým prístrojom a zariadeniam. Sú tu ukázané všetky prístroje, ktoré boli použité pri laboratórnych meraniach. Pri každom prístroji sú uvedené technické parametre, ktoré bezprostredne ovplyvňujú meranie. Celá praktická časť sa skladá z troch meraní. V prvom meraní budem ovplyvňovať DFB laser pomocou laditeľného DFB zdroja, pričom budem meniť hodnoty prúdu a výkonu. Pri druhom meraní budem ovplyvňovať F-P laser pomocou laditeľného DFB zdroja a taktiež budem meniť hodnoty prúdu a výkonu. Pri poslednom meraní budem ovplyvňovať LED diódu pomocou laditeľného DFB zdroja, pričom budem meniť prúd a výkon ako v predošlých meraniach. Všetky získané hodnoty budú uložené v tabuľkách s ktorých budú vypracované grafy, ktoré budú znázorňovať závislosť výkonu na vlnových dĺžkach a závislosť prúdu na hodnote rozdielu vlnových dĺžkach.

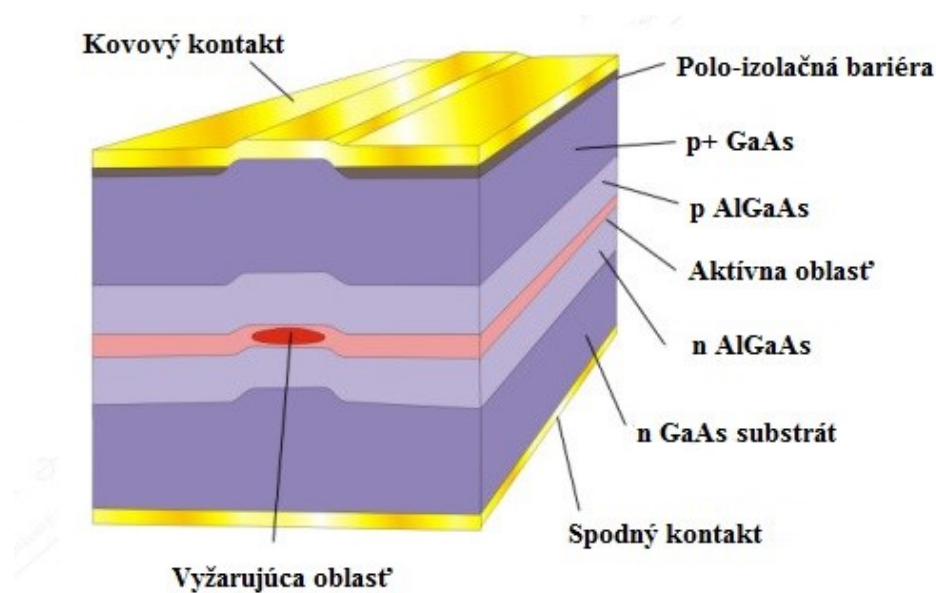
V záverečnej časti práce hodnotím dosiahnuté výsledky a popíšem jednotlivé časti meraní, či došlo k nejakým zmenám spektra pri jednotlivých diódach.

1 Typy a štruktúry polovodičových laserových diód

Polovodiče sú zložené z P-N prechodu. Pri dodaní napájania sa prebytočné menšinové nosiče (elektróny a diery) vstreknú do oboch smeroch cez P-N prechod. Prebytok týchto menšinových nosičov rekombinujú s hlavnými nosičmi v P a N regióne polovodičovej laserovej dióde. Fotóny vyžarujú spolu s energiou blízkej energii šírke zakázaného pásu E_g . Tento jav môžeme poznať pod názvom spontánna emisia a používa sa predovšetkým v LED diódach. Pokiaľ sa fotóny odrážajú od dvojicu zrkadiel, dôjde k navýšeniu počtu fotónov v dutine. Intenzita fotónov s dostatočnou spätnou väzbou v dutine dosiahne prahu, nad ktorým intenzita rastie výrazne. Tento jav vzniká spolu so stimulovanou emisiou a využíva sa v laserových diódach [1].

1.1 Základná štruktúra polovodičových laserových diód

Laserové diódy sú vyrábané z kryštálov epitaxným rastom na (001) orientovaným jedno-kryštálovým substrátom. Kryštál sa dá veľmi jednoducho štiepiť, preto tieto vytvorené povrchy sa môžu používať ako odrazové plochy alebo zrkadla pre laserové diódy. Takýto typ laseru sa nazýva Fabry-Perot laser. Dlhá je okolo $300\mu\text{m}$ a široká okolo $100\mu\text{m}$. Hrúbka aktívnej oblasti, v ktorej sú vstrekované elektróny a diery rekombinuje okolo $2\mu\text{m}$. Laserová dióda sa niekedy označuje ako čip laserovej diódy [1].

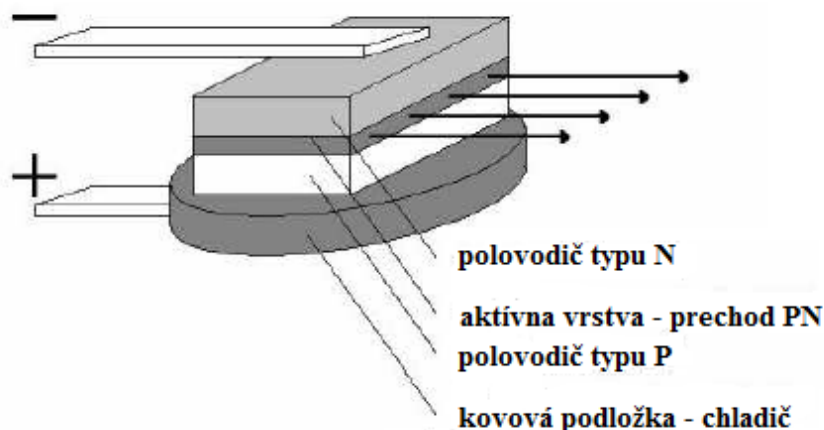


Obrázok 1.1: Základná štruktúra Fabry-Perotova laseru [9]

1.1.1 Typy a štruktúry dlhovlnných polovodičových laserových diód

- Homoštruktúrne lasery

V roku 1962 boli vyrobené lasery z monoštruktúry, ktoré boli tvorené PN prechodom. Nie je tu žiadna skoková zmena indexu lomu, ktorá by sústredžovala optický zväzok ani vysoká potenciálová bariéra, ktorá by zaisťovala sústredenie nosičov náboja. Žiarenie sa sústreďuje len vplyvom gradientu indexu lomu a vplyvom rozdielu koncentrácie nosičov náboja. Tieto lasery majú veľkú šírku aktívnej oblasti, a preto sú potrebné veľké prahové hustoty prúdov. Pri generovaní svetla dochádza ku stratám vplyvom úniku žiarenia do susedných vrstiev polovodiča a z toho pramení malá účinnosť [1].

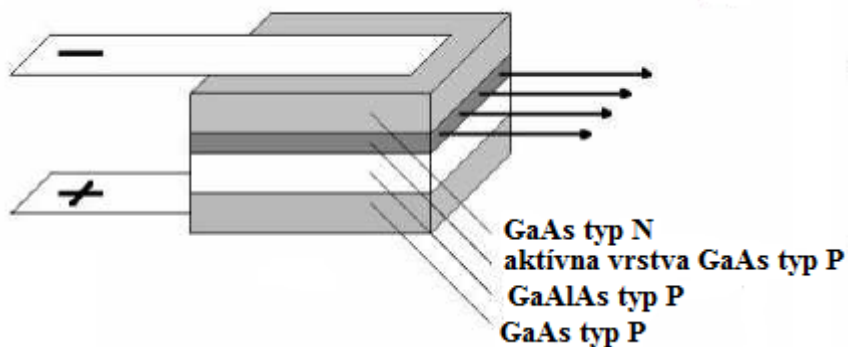


Obrázok 1.2: Laser s homoštruktúrou [1]

- Hetero-štruktúrne lasery (HS)

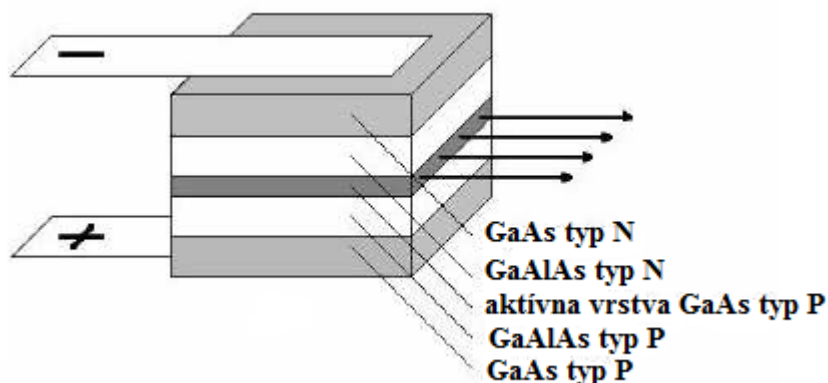
Pri týchto laseroch je vlnovod vymedzený skokovou zmenou indexu lomu v oblasti heteroprechodu, ktorá je funkciou rozdielu šírky zakázaného pasu susedných vrstiev heteroštruktúry (kryštalická vrstevnatá štruktúra obsahuje aspoň jednu epitaxnú vrstvu odlišného chemického zloženia ako je zloženie podložky). Heteroštruktúra dokáže zabezpečovať podmienky k účinnému sústredeniu menšinových nosičov. Pôsobením heteroprechodu je žiarenie sústredované so vstrekanými nosičmi do zvolených oblastí. Heteroprechody sa ďalej delia podľa počtu na lasery s jednou heteroštruktúrou a s dvojistou heteroštruktúrou [1].

V jednoduchšej heteroštruktúre (SHL) heteroprechod vytvára jednu zo stien vlnovodu a súčasne i potenciálnu bariéru, ktorá sústredzuje nosiče vo vnútri aktívnej vrstvy typu P. U týchto laseroch je oveľa väčšia skoková zmena indexu lomu ako u homoprechodu. Hodnoty hustoty klesajú približne na pätinu hodnoty dosiahnutej u homoštruktúrnych laseroch [1].



Obrázok 1.3: Laser s jednoduchou heteroštruktúrou [1]

Lasery s dvojitou heteroštruktúrou (DHL) majú okolo aktívnej vrstvy z oboch strán väčšiu šírku zakázaného pásu. Optické žiarenia aj nosiče náboja sú sústredžované do aktívnej oblasti z oboch strán, a preto majú väčšiu účinnosť. Oblasť rekombinácie je u DHL presne definovaná. Nedochádza tu k prelievaniu nosičov náboja do susedných vrstiev. Nahromadenie nosičov náboja v aktívnej vrstve je vzhľadom k jej malému prierezu (okolo 100nm) tak veľké, že laserový režim sa dosahuje už pri prahových prúdoch niekoľko 10mA. Účinnosť je veľmi vysoká, okolo 75% [1].



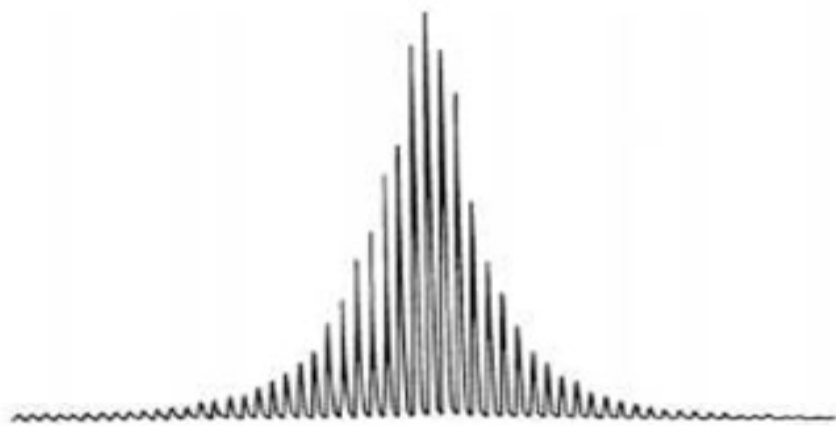
Obrázok 1.4: Laser s dvojitou heteroštruktúrou [1]

1.2 Módové riadenie v polovodičových laseroch

Pozdĺžny smer ide o smer v smere šírenia svetla (dĺžka). Pozdĺžne módy F-P laseru sú vytvárané štiepením na zrkadlách a sú dané dĺžkou L dutiny a indexom lomu n polovodiča.

Transverzálny smer - smer kolmý k dióde (výška).

Laterálny smer - smer rovnobežný s diódou (šírka).



Obrázok 1.5: Spektrum F-P laseru [1]

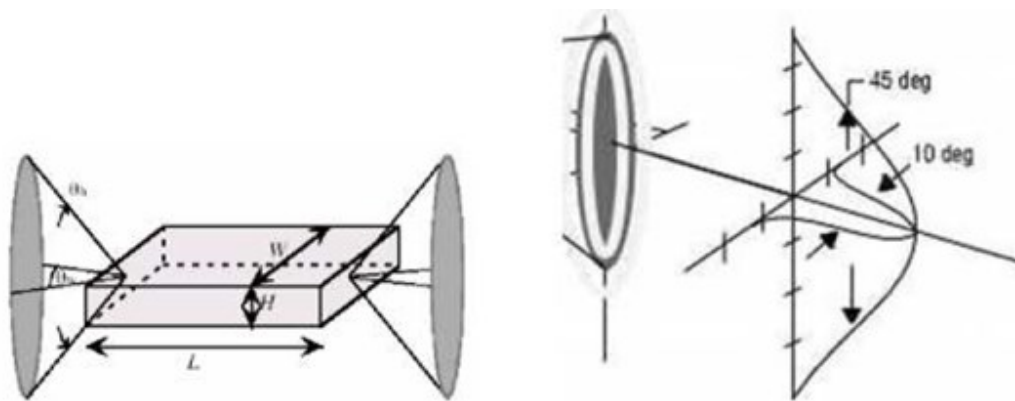
1.2.1 Indexom a ziskom riadené lasery

Aby sme dosiahli jedno - módobého režimu laseru je nutné spraviť módobé riadenie. Toto riadenie môže byť rozdelené do dvoch kategórií:

- Priestorové módobé riadenie
- Spektrálne módobé riadenie

Prvé spomínané sa spája s pričným režimom, ktorý sa vzťahuje na distribúciu intenzity vstupného svetla. Spektrálne módobé riadenie sa vzťahuje na vyžarujúcu vlnovú dĺžku a pozdĺžne módy. Oba módy sú medzi sebou prepojené. Napríklad, jedno - pozdĺžny režim je možné získať za podmienky priestorového jedno - módobého režimu.

Ziskom riadené lasery sú založené na krúžkovej geometrii a vykazujú väčšie prahové prúdy ako lasery riadené indexom. Ziskom riadené lasery majú nežiaduce účinky, ich miera sa zvyšuje s vlnovou dĺžkou [1].

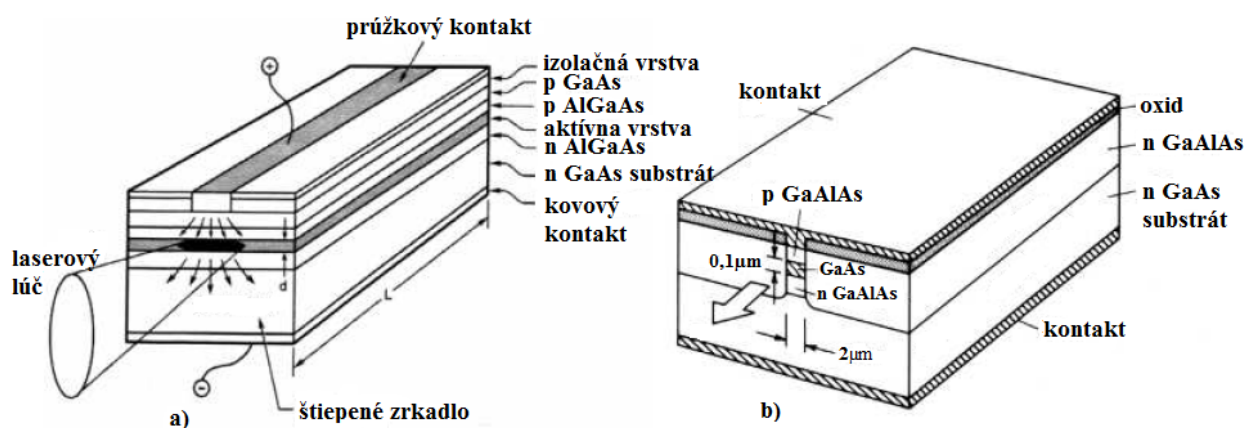


Obrázok 1.6: Profil lúča z index riadenej Laserovej diódy[1]

1.2.2 Priechne módové riadenie

Riadenie a stabilizácia priestorovým módom je dôležitá pre aktuálne aplikácie. Toto riadenie je rozdelené do dvoch módom, priečného a postranného. Priečny mód sa týka kolmého smeru k rovine prechodu a postranný mód k smeru rovnobežnému k rovine prechodu.

Jedno - módová podmienka pre priečny smer môže byť vyjadrená ohľadom na hrúbku aktívnej vrstvy a rozdielu indexu lomu aktívnej a plášťovej vrstvy. Podmienka pre udržanie jedno - módového priečného režimu je hrúbku aktívnej vrstvy menšia ako $0,45\mu\text{m}$. Riadenie a stabilizácia postranného módu je viac komplikovanejšie. Ide o dve základné riadené metódy, ktoré som spomínal vyššie. Pri ziskom riadenej metóde nie je zmena indexu lomu v postranným smere, ale vstrekaný prúd a laserový zisk sú obmedzené na malú oblasť pod kontaktom, ktorá splňuje laterálnu jedno - módovú podmienku. Preto je postranný mód v laseroch len jeden. V index riadenom móde nie je obmedzenie prúdu do malého priestoru, ale zmena indexu lomu je tvorená v postranným smere. Preto je aktívna oblasť obklopená materiálom s nižším indexom lomu v oboch priečných smeroch (kolmý - y a postranný - x). Aktívna oblasť je pochovaná vrstvami s menším indexom lomu [1].



Obrázok 1.7: a) Ziskom riadený mód, b) Indexom riadený mód [1]

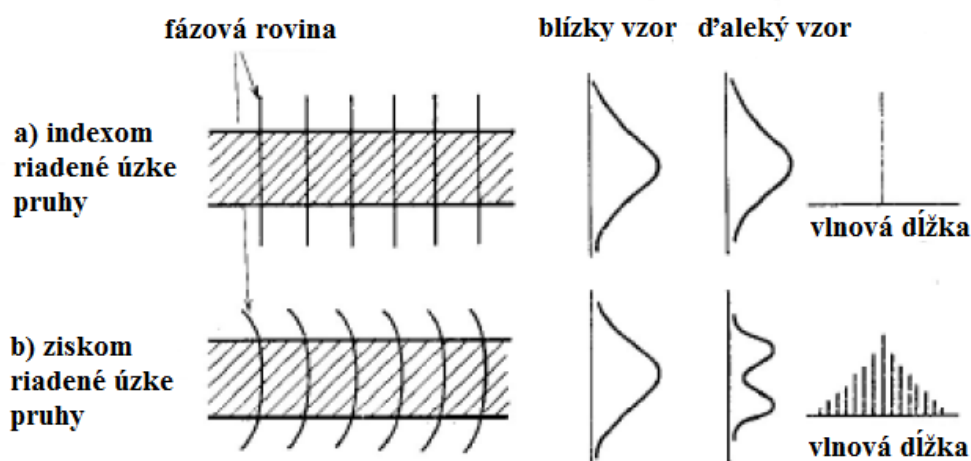
1.3 Žiariaci vzor F-P laseru

Charakteristika vzdialeného vzoru alebo radiačný vzor svetla z laseru sú silno závislé na priečných a kolmých módoch laseru. Vzdialený vzor je daný Fourierovou transformáciou blízkeho vzoru. Preto riadenie a stabilizácia blízkeho vzoru získava na dôležitosti za účelom riadenia a stabilizácie vzdialeného vzoru.

Ide o dva typy F-P laseru. Prvý je indexom riadený typ a druhý ziskom riadený typ. V prvom spomínanom sú riadené lasery fázovej roviny približne v rovine. V tomto prípade lúčový pás radiačného svetla je stabilný. Index lomu aktívnej vrstvy je kolísavý pretože sa mení koncentrácia nosičov v priebehu laserového vyžarovania. Vzdialený vzor tohto typu laseru

udržiava jedno-špičkový vzor, pokiaľ štruktúra vlnovodu je dobre navrhnutá a podporuje základné operácie kolmých a laterálnych módov.

Druhým typom je ziskom riadený laser, ktorý má kruhové fázové roviny. Má nestabilný vzdialený vzor. Ľahko prechádza z jedno špičkového vzoru na štruktúru dvoch alebo troch špičiek, dokonca aj keď blízky je vedený jedným priečnym a laterálnym módom [1].



Obrázok 1.8: Dva typy F-P laseru [1]

Ďalším dôležitým parametrom je radiačný uhol, pretože tento parameter je úzko spätý s účinnosťou naviazania svetla s laserovej diódy na externý vlnovod ako je optické vlákno alebo iné optické zariadenie. Radiačný uhol sa skladá z dvoch zložiek, ktoré sú v rovine kolmé a paralelne usporiadané k rovine P-N prechodu. Kolmý radiačný uhol je väčší ako paralelný, pretože rozdiel indexu lomu pozdĺž laterálneho smeru je väčší ako rozdiel pozdĺž transverzálneho smeru. Vzťah medzi kolmým radiačným uhlom k P-N prechodu a hrúbkou aktívnej vrstvy, kde relatívna zmena indexu lomu je

$$\Delta = \frac{n_{12}^2 - n_{22}^2}{2n_1} \quad [1] \quad (1.1)$$

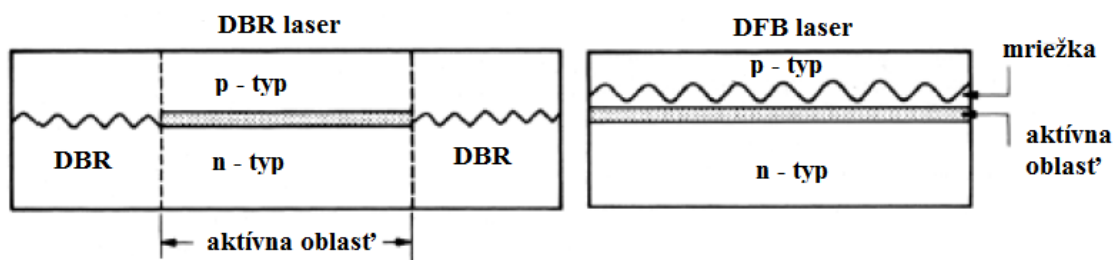
n_1 je index lomu aktívnej vrstvy

n_{12} a n_{22} sú indexy lomu plášťových vrstiev

Radiačný uhol je možné znížiť, znížením hrúbky aktívnej vrstvy. To ide vďaka tomu, že distribúcia svetelného poľa vo vnútri vlnovodu je veľmi široká a rozlieva sa medzi aktívnou a plášťovou vrstvou i cez to, že šírka aktívnej vrstvy je relatívne mala [1].

1.4 Monolitické laserové zrkadlá

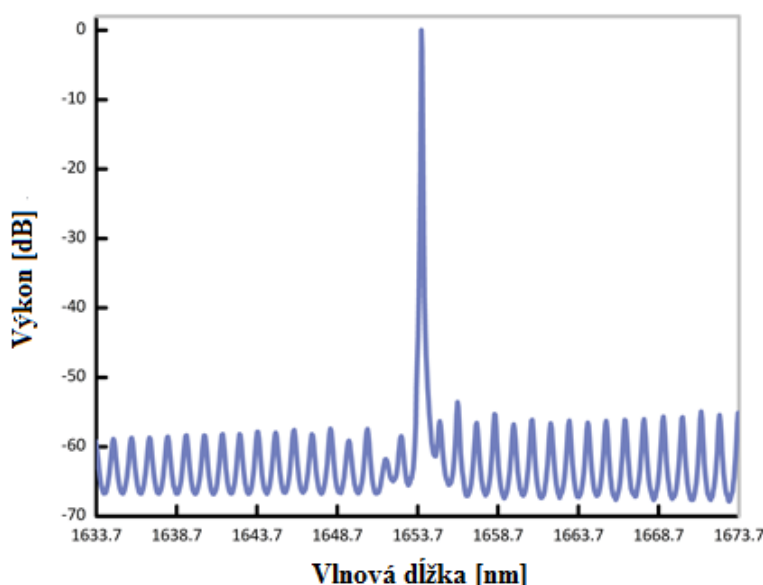
Patria tu lasery s rozprestretým zrkadlom (DBR) a lasery s rozprestretou spätnou väzbou (DFB). Spätná väzba u DFB laserov je realizovaná pomocou Braggovskej mriežky. Mriežka je vyleptaná na povrch aktívnej oblasti. U DBR laserov je mriežka, len v časti prvku (vo vlnovode mimo aktívnej oblasti). V tomto usporiadaní je aktívna oblasť oddelená od rezonátora [1].



Obrázok 1.9: Štruktúra DBR a DFB laseru [1]

1.4.1 Lasery s rozprestretou spätnou väzbou

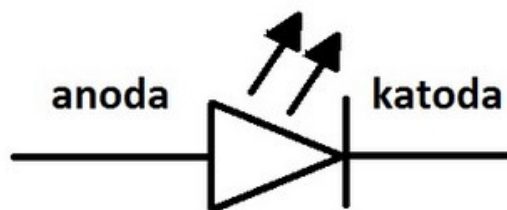
V DFB laseroch celý rezonátor pozostáva z periodickej štruktúry, ktorá sa chová ako rozprestretý reflektor v rozsahu vlnových dĺžok aktívnych laserov so stredným zosilnením. Typicky, periodická štruktúra je tvorená v strede fázového posunu. Táto štruktúra je priamo zreťazená z dvoma Braggovskými mriežkami s optickým ziskom bez mriežky. Zariadenie má niekoľko rezonátorových módov, ale len jeden režim je uprednostňovaný, pokiaľ ide o straty. Z tohto dôvodu, jedno - frekvenčný proces je možné ľahko dosiahnuť, cez priestorový otvor vypálený prostredníctvom vzoru stálej vlny stredného zisku. Vzhľadom k veľkému voľnému spektrálnemu rozsahu, vlnovú dĺžku je možné naladiť v rozsahu niekoľkých nm. Väčšina laserov s rozprestretou spätnou väzbou sú buď vláknové lasery alebo polovodičové lasery, pracujúce na režime jedného rezonátora. Efektívnu absorpciu je možné dosiahnuť iba s vysokou dotáciou koncentrovaného vlákna, a preto nie je ľahké vyleptať Braggovskú mriežku do vlákien kompozície. Preto výstupný výkon je zvyčajne obmedzený (na niekoľko 10mW). Avšak, tento druh jedno - frekvenčného laseru je veľmi jednoduchý a kompaktný. Polovodičové DFB lasery môžu byť skonštruované s integrovanou mriežkou. Mriežková štruktúra môže byť na hornej časti aktívnej oblasti, ktorá si však vyžaduje časovo náročné techniky. Alternatívou je aby sa priečne viazané štruktúry nachádzali na oboch stranách aktívnej oblasti. Polovodičové DFB lasery sú dostupné v rôznych spektrálnych rozsahoch aspoň v $0,8\mu\text{m}$ - $2,8\mu\text{m}$. Typické výkony sú niekoľko mW. Šírka čiary je typicky niekoľko stoviek MHz a ladenie vlnovej dĺžky je možné v niekoľkých nanometroch [1].



Obrázok 1.10: Spektrum DFB laseru [3]

1.5 LED dióda

Polovodič je pevná látka, ktorá sama o sebe nie je elektricky vodivá, ale ak jej dodáme energiu, napríklad elektrickú, tepelnú alebo svetelnú, alebo zmeníme jej zloženie prímiesou iného prvku, môže sa stať vodivou. Túto vodivosť si môžeme najjednoduchšie predstaviť tak, že ak dodáme energiu z vonka sa z atómov uvoľní elektrón a na jeho mieste vznikne kladne nabitá diera, ktorá je v zapätí zaplnená iným elektrónom, ktorý následne preskakuje ďalej. Pri nepretržitom dodávaní energie sa „pohybujú“ elektróny a diery navzájom opačným smerom a tak vzniká elektrický prúd. Voľné elektróny a diery sú teda nosičmi elektrického náboja. Podobný efekt, ako je pri dodaní energie z vonka, môže u niektorých polovodičov spôsobiť i zmes cudzieho prvku. Medzi takéto polovodiče patrí napríklad kremík, germánium, selén alebo niektoré soli. Väčšina polovodičov sú kryštalické látky, existujú však aj amorfné polovodiče (nekryštalické – niektoré skla). Pokiaľ pripojíme polovodiče typu P a N, zaplnia sa na ich rozhraní voľné diery voľnými elektrónmi a vzniká tzv. vyprázdnená oblasť. Ak pripojíme kladný pól elektrického zdroja k polovodiču typu P a záporný pól k polovodiču typu N, stiahne sa vyprázdnená oblasť a cez rozhranie bude prechádzať elektrický prúd. Preto hovoríme o zapojení v priepustnom smere. Pri opačnom zapojení (kladný pól k N a záporný k P) sa vyprázdnená oblasť rozširuje a prechod nábojov sa postupne stane nepriepustným. Preto hovoríme o zapojení v závernom smere. Polovodiče typu P a N vytvárajú prechod P-N tvoria polovodičovú diódu. LED diódou (z anglického „light emitting diode“ – dióda vyžarujúca svetlo) sa nazýva taká polovodičová dióda, u nej pri zapojení v priepustnom smere ma energiu vyžiarenú na prechode P-N v podobe svetla. Značku LED v elektronických súčiastkach ukazuje obr. 1.11 [10].



Obrázok 1.11: Schematická značka LED diódy [10]

1.5.1 Štruktúra LED diódy

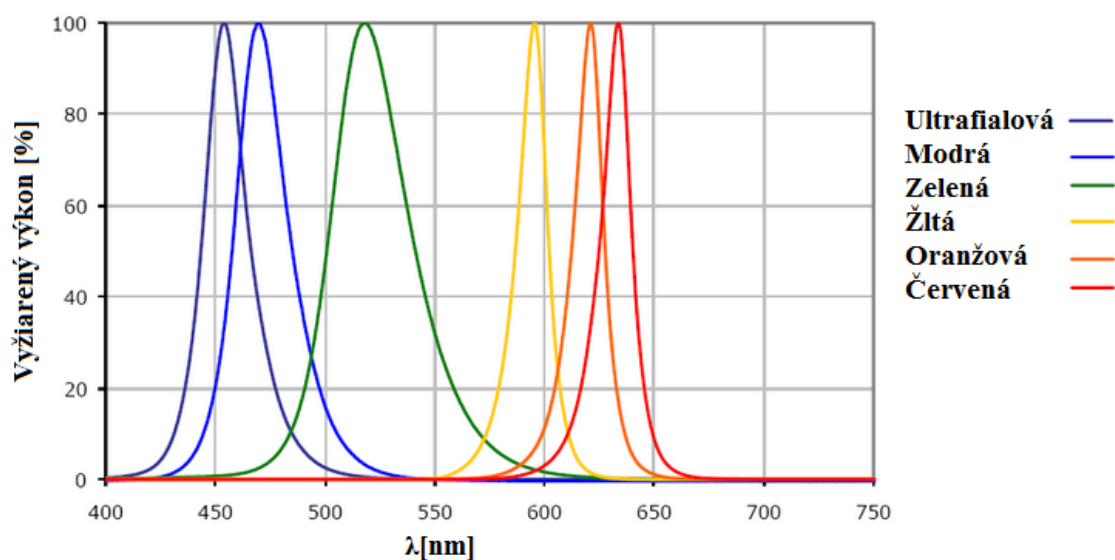
Základom LED diódy je polovodičový čip pripojený k zdroji elektrického napätia. Okolo neho je vrstva materiálu (napríklad živice), ktorá dáva vyžarovanému svetlu potrebné optické vlastnosti (bodové alebo rozptýlené svetlo, s rôznym uhlom osvetlenia). Ako plyní z princípu polovodičovej diódy, na rozdiel od žiarovky, kde nezáleží na smere priechodu elektrického prúdu, musí byť LED dióda zapojená len v priepustnom smere. Zatiaľ čo žiarovka môže používať jednosmerný aj striedavý prúd, LED dióda môže používať iba jednosmerný prúd. Pri pripojení k zdroju striedavého prúdu musí byť LED svietidlo pripojené k usmerňovaču [10].

1.5.2 Vyžarujúce svetlo LED diódy

LED dióda vyžaruje svetlo v pomerne úzkej časti spektra – čiže jednoducho povedané monofarebne. Farba svetla vyžarované LED diódou, teda jeho vlnová dĺžka, závisí na chemickom zložení polovodiča. LED diódy sú vyrábané s rôznymi vlnovými dĺžkami od ultrafialových, cez rôzne farby viditeľného spektra až po infračervené. Pomerne dlho trval vývoj modrej LED diódy. Ako náhle však boli k dispozícii LED v celom farebnom spektre, otvorila sa pred týmto zdrojom svetla veľká škála príležitostí k praktickému využitiu vrátane moderných veľkoplošných obrazoviek. Jednoduchý nebol vývoj ani bielej LED, ktoré sa dnes používajú hlavne ako zdroje svetla v rôznych lampách, reflektoroch ale aj pri podsvietení displejoch. Ako sme si práve vysvetlili jedna LED dióda nedokáže vyrobiť biele svetlo, pretože vzniká zmiešaním základných farieb svetelného spektra. Staršie LED svietidla preto obsahovali diódy rôznych farieb a ich svetlo sa v svietidle miešalo. Súčasné biele LED využívajú polovodičového čipu v spojení s luminoforom, teda látku schopnú svetlo zachytávať a opäť vyžarovať. Farba svetla u týchto LED je iná, ako farba svetla následne vyžarovaná luminoforom. Tieto farby sa miešajú priamo na čipu a výsledkom je biele svetlo [10].

1.5.3 Charakteristické hodnoty vlnových dĺžok

Farba	Vlnová dĺžka(nm)	Látka
• Infračervená	$\lambda > 760$	GaAs, AlGaAs
• Červená	$610 < \lambda < 760$	AlGaAs, GaAsP, AlGaInP, GaP
• Oranžová	$590 < \lambda < 610$	GaAsP, AlGaInP, GaP
• Žltá	$570 < \lambda < 590$	GaAsP, AlGaInP, GaP
• Zelená	$500 < \lambda < 570$	InGaN/GaN, GaP, AlGaInP, AlGaP
• Modrá	$450 < \lambda < 500$	ZnSe, InGaN, SiC, Si
• Fialová	$400 < \lambda < 450$	InGaN
• Ultrafialová	$\lambda < 400$	Diamant, Nitrát borný
• Biela	Celé spektrum	Modrá/ultrafialová+žltý luminofor



Obrázok 1.12: Spektrá jednotlivých farieb LED diódy [10]

1.5.4 Druhy LED

- Klasické vysoko svietivé LED

Pre použitie na osvetľovanie priestorov majú nevýhodu, že svietia príliš v úzkom uhle (60°). Nimi osadené LED žiarovky dosahujú dosť nízku svietivosť. Z týchto dvoch dôvodov sa prestávajú používať.

- Výkonné LED (Power LED)

O výkone 1W, 2W alebo 3W sú na tom podobne ako klasické svetlo emitujúce diódy - rozptyl svetla iba 60° a majú pri najčastejšej konfigurácii 3x1W LED svetelný tok iba okolo 220 lumenov. Preto sú postupne nahrádzané SMD technológiou.

- SMD 3528 LED

Sú jedno - diódové čipy s rozptylom svetla 120° a dobrou účinnosťou. Príkon jedného čipu je 0.08W. SMD 3528 LED má približne takú svietivosť, ako dve vysoko svietivé klasické diódy. SMD 3528 v porovnaní s čipom SMD 5050 má rovnaké vlastnosti, iba že obsahuje iba jeden čip, nie tri. Výhodou oproti SMD 5050 je lepšie chladenie čipov okolitým vzduchom, nevýhodou potreba väčšieho priestoru.

- SMD 5050 LED

Je troj - diódový čip s povrchom o veľkosti 5 x 5 mm a príkonom 0.24W. Vysoká svietivosť pri malom rozmere LED čipu, rozptyl svetla 120° a vysoká účinnosť spôsobuje, že tento čip úplne vytlačil staršie klasické LED, oproti ktorým má až 6-násobne vyššiu svietivosť.

- SMD 5630 LED

Čip s príkonom 0.5W. Tento nový model LED čipov má ešte vyššiu svietivosť ako SMD5050 a menší rozmer. Rozptyl svetla 120° a veľmi vysoká účinnosť.

- SMD 3014 LED

Je menší brat čipu SMD 5630 s príkonom 0.08W, rozptyl svetla 120°.

- SUPERFLUX LED

Známe pod názvom PIRANHA LED alebo EAGLE-EYE LED (orlie oko) je vysoko výkonná LED s dobrým rozptylom svetla, používaná hlavne vo vše smerových LED žiarovkách nahrádzajúcich klasickú žiarovku so závitom E27, ale čoraz častejšie i v iných aplikáciách. SUPERFLUX LED čipy majú veľmi dobrú účinnosť, otrasu vzdornosť a odolnosť voči nízkym teplotám.

- COB LED

Vznikla spojením viacerých SMD LED čipov do jedného veľkého čipu. Umožňuje vyššiu svietivosť z rovnakej plochy, ako skupina jednotlivých SMD čipov. Nevýhodou COB LED je vyššia prevádzková teplota a teda i nutnosť lepšieho chladenia, ale i vyššia cena [11].

2 Meranie laserových diód

V tejto kapitole sú spomenuté použité prístroje a zariadenia. Merania sú rozdelené do jednotlivých podkapitol podľa použitej laserovej diódy. Prvá časť sa venuje ovplyvňovaniu spektra DFB laseru pomocou laditeľného DFB zdroja. V druhej časti je ovplyvňované spektrum F-P laseru pomocou laditeľného DFB zdroja a tretia časť sa zaoberá ovplyvňovaním spektra LED pomocou laditeľného DFB zdroja. Všetky namerané výsledky sú zaznamenané v tabuľkách a grafoch.

2.1 Použité prístroje a zariadenia

Spektrometer využíva operačný systém XP, preto pri tejto platforme FTB-500 nepotrebujeme mať pripojený PC. Výsledky meraní dokáže spracovať do podrobnej dokumentácie vo formáte pdf. Je možné na prístroji nastaviť priamo hodnotu alebo časť hodnôt, z ktorých má byť vytvorená dokumentácia. Ide hlavne o uľahčenie práce pri hľadaní potrebných dát v rozsiahlej dokumentácii. Tento spektrometer je možné ovládať buď dotykovo, alebo pomocou pripojenia periférií. Tento prístroj sa popisuje mnohými parametrami, ale uvádzam iba najtypickejšie, ktoré bezprostredne ovplyvňovali meranie. Ďalšie parametre je možné nájsť v datasheete [5].

Technické parametre FTB-500:

• Vlnové dĺžky(nm)	850, 1300, 1310, 1490, 1550, 1625, 1650
• Rozsah výkonu(dBm)	10 do -86
• Neistota merania	$\pm 5\%$ $\pm \mu\text{W}$
• Zobrazenie displeja(dB)	0,01 = max do -76dBm 0,1 = -76dBm do -63dBm



Obrázok 2.1: Spektrometer EXFO FTB-500

Tieto dva regulátory sa starajú o spoľahlivý chod laserových diód. Vrebný prístroj na obr. 2.2 dokáže pracovať v dvoch režimoch. V režime CC (konštantný prúd), prúd do lasera vchádza v presne predpísanej úrovni. Tento režim sa väčšinou používa, keď je potrebná čo najväčšia rýchlosť odozvy. Druhý režim, označený tiež CP (konštantný výkon) sa používa pri aktívnej stabilizácii výstupného výkonu z lasera, ktorá je upravená pomocou spätnej väzby. Spodný prístroj na spomínanom obrázku chráni laserovú diódu pred poškodením napríklad pri nadmernej teplote. Tento prístroj dokáže chladiť, alebo zahrievať danú súčiastku podľa potreby merania. Všetky parametre je možné nájsť v datasheete [4].

Technické parametre LDC202 C

- | | |
|---------------------------|-------------------------|
| • Rozsah regulácie | 0 do $\pm 200\text{mA}$ |
| • Dodržované napätie | $>10\text{V}$ |
| • Presnosť | $\pm 100\mu\text{A}$ |
| • Vstupný odpor | $10\text{k}\Omega$ |
| • Koeficient modulácie CC | $20\text{mA/V} \pm 5\%$ |
| • Koeficient modulácie CP | $1\text{mA/V} \pm 5\%$ |
-

Technické parametre TED200 C

- | | |
|------------------------------|-------------------------|
| • Rozsah regulácie | -2 do 2A |
| • Dodržované napätie | $>6\text{V}$ |
| • Maximálny výstupný výkon | 12W |
| • Presnosť | $\pm 10\text{mA}$ |
| • Vstupný odpor | $10\text{k}\Omega$ |
| • Ovládacie napätie | -10V do +10V |
| • Presnosť tepelného senzora | $\pm 0,1^\circ\text{C}$ |
-



Obrázok 2.2: Regulátory laserových diód

Pri ovplyvňovaní spektra jednotlivých laserových diód sme využívali laditeľný DFB zdroj obr. 2.3. Disponuje rozsahom vlnových dĺžok od 1510nm - 1612nm s vynikajúcou presnosťou nastavenia vlnovej dĺžky. Je možné pri meraní uložiť niekoľko hodnôt a tým urýchliť prácu. Ďalšie technické parametre je možné nájsť v datasheete [6].

Technické parametre FLS-2600B

• Rozsah (nm)	1510 do 1612
• Opakovateľnosť (pm) 10meraní	$\pm 2,5$
• Stabilita (pm) 1hodina	± 6
• Neistota (pm)	± 15
• Stabilita výkonu (dB) 15minút	$\pm 0,005$
• Stabilita výkonu (dB) 1 hodina	$\pm 0,01$



Obrázok 2.3: Laditeľný DFB zdroj

Zariadenie je ideálne pri teplotne riadenú prevádzku všetkých 3 a 4 pinových laserových diód s priemerom 5,6mm a 9mm. Obsahuje ochranný obvod pri nesprávnom vložení laserovej dióde a tým ju chráni pred poškodením. Ďalšie technické parametre je možné nájsť v datasheete [7].

Technické parametre TCLDM9

• Podporované lasery	5,6mm a 9mm
• Maximálny prúd z laseru	2A
• Vstupná impedancia	50Ω
• Maximálny výkon	200mW
• Maximálny TEC prúd	5A
• Maximálne TEC napätie	4V
• Typická teplota	5 do 70°C



Obrázok 2.4: ThorLabs TCLDM9 [7]

Tento splitter má vynikajúce vlastnosti pre všetky aplikácie, ktoré vyžadujú rozhodujúci výkon. Tieto spoľahlivé zariadenia majú nízky vložný útlm a vysokú izoláciu portu v širokom teplotnom rozsahu a vlnových dĺžok. Používajú sa pri 1310nm a 1550nm vlnových dĺžkach. Pomery rozdelenia môžu byť na zákazníka napr. 1% : 99% alebo 50% : 50%. Ďalšie technické parametre je možné nájsť v datasheete [8].

Technické parametre SFT-S35

• Typická nadmerná strata (dB)	0,2
• Jednotnosť, dB (50:50)	≤0,8
• Tepelná stabilita (dB)	<0,2
• Smerovosť (dB)	>50
• Spätná strata (dB)	>50



Obrázok 2.5: Splitter 01x02-10

Maximálne hodnoty F-P laseru:

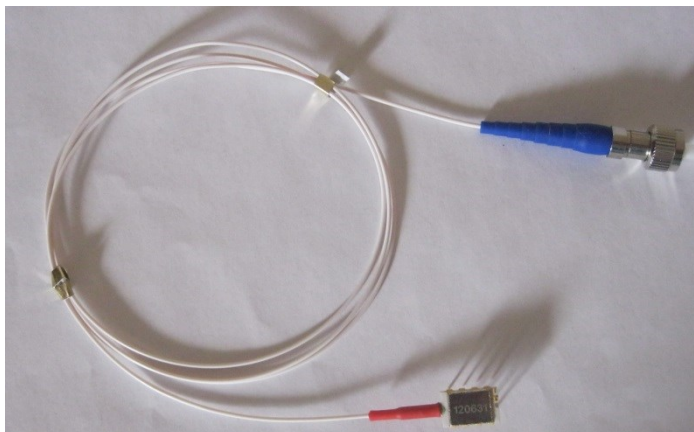
- Prúd 600mA
 - Výkon 60mW
 - Úložná teplota -10 až +65 °C
 - Pracovná teplota 0 až +65 °C
-



Obrázok 2.6: Fabry-Perot laserová dióda

Špecifikácia LED diódy

- Napätie v priepustnom smere 1,97V
 - Výstupný výkon 0,31mW
 - Stred vlnovej dĺžky 1547,92nm
 - 3dB Šírka pásma 64,94nm
-



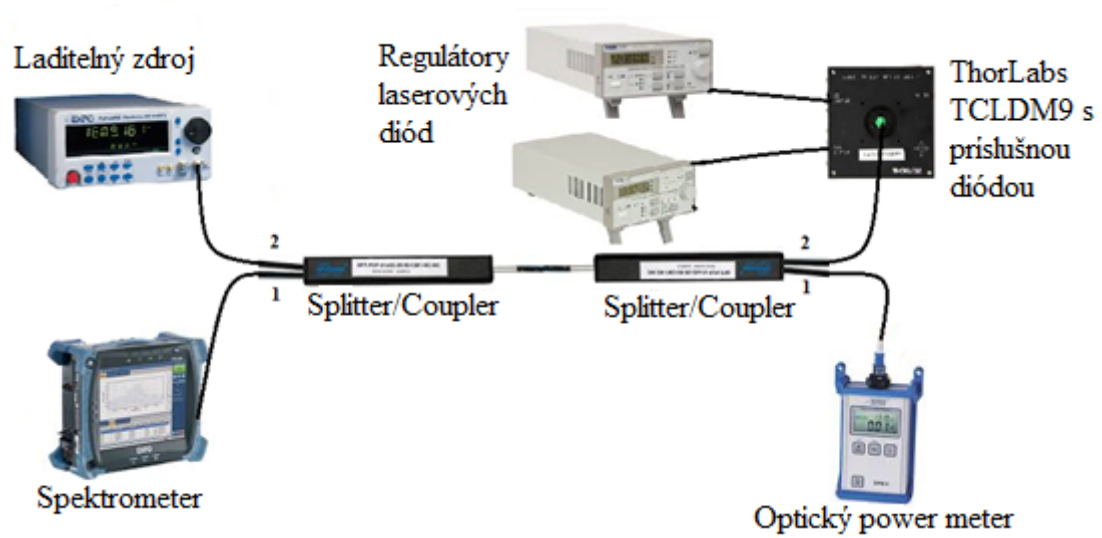
Obrázok 2.7: LED laserová dióda



Obrázok 2.8: DFB laserová dióda

2.2 Zapojenie meracieho pracoviska

Na obr. 2.9 je schéma meracieho pracoviska. Výstup laditeľného DFB zdroja je pripojený pomocou FC konektoru na vstup k splitteru označenej 2. Pri FC konektoroch bolo potrebné použiť redukcie. Výstup spektrometra je pripojený FC konektorom k splitteru na vstup označenej 1. Výstup splitteru taktiež označený 0 je pripojený k ďalšiemu splitteru. Výstup zo splitteru 1 je pripojený k optickému power metru a výstup 2 vedie k pripojeniu diódy. Dióda je vložená do zariadenia ThorLabs TCLDM9, ku ktorému sú pripojené regulátory laserových diód. Pre nastavovanie požadovaných prúdov a teplôt. Celkovo je to postavené na princípe, že laditeľný zdroj svieti na požadovanú laserovú diódu a tá vracia výsledok merania späť do spektrometra, ktorý nám zobrazuje priebeh a ovplyvňovanie spektra. Aby sa svetlo nevracalo späť do laditeľného zdroja má v sebe zabudovaný izolátor.



Obrázok 2.9: Schéma zapojenia



Obrázok 2.10: Zapojené meracie pracovisko

2.3 Meranie s DFB laserom

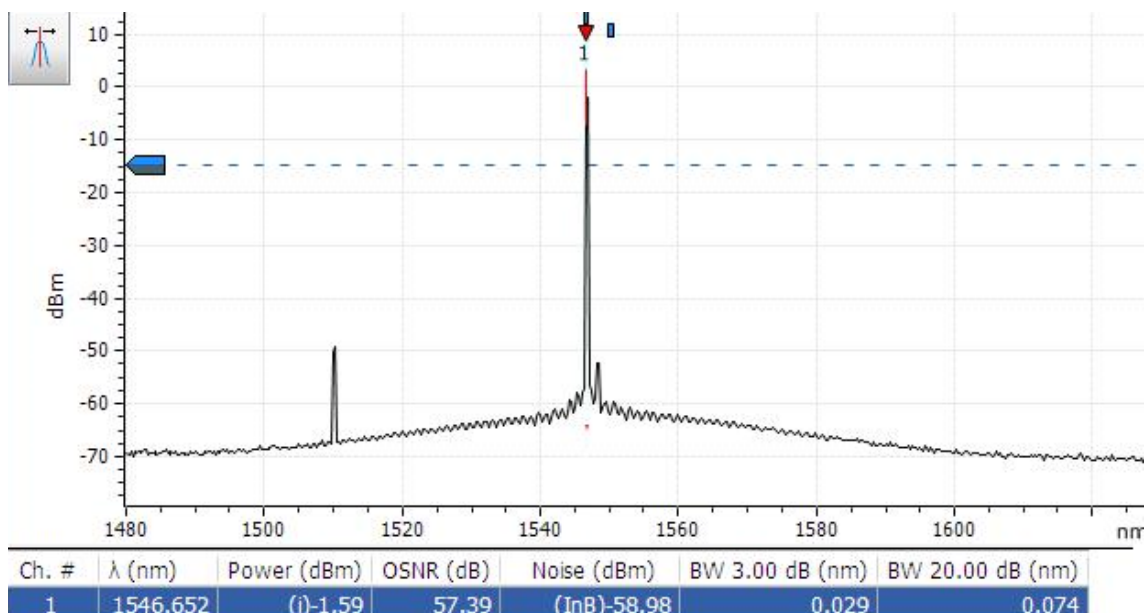
Pri dokazovaní či je možné ovládať vlastnosti jedného zdroja svetla iným zdrojom svetla som zistil, že sa rozhodujúce zmeny odohrávajú v spektrách týchto zdrojov. Preto bolo potrebné celé meranie orientovať na meranie spektrálnych vlastností, ktorými bola vlnová dĺžka, rozostupy na jednotlivých impulzoch, výkon na vlnovej dĺžke a zmeny pri jednotlivých vlnových dĺžkach.

2.3.1 Postup merania

Pri tomto meraní som si najskôr zistil na akej vlnovej dĺžke rezonuje daný laser. Laser rezonoval približne na 1547nm. Podľa tejto vlnovej dĺžky som si zvolil jednotlivý rozsah hodnôt, pričom v blízkosti hodnoty 1547nm som zmenšil krok po desatinách aby som prípadne zmeny spektra zaznamenal čo najpresnejšie. Pri meraní som menil na regulátore laserovej dióde prúd. Hodnoty boli zvolené v krokoch 6mA, 10mA, 20mA a 30mA. Pri každom jednotlivom nastavenom prúde som menil na ladiťnom DFB laseru výkon v dvoch hodnotách 0mW a 1mW. Pri odčítaní hodnôt zo spektrometra som zistil, že vlnová dĺžka sa vždy mierne líšila od hodnoty nastavenej na ladiťnom DFB zdroji. Všetky tabuľky sú uložené v prílohách kvôli ich obsiahlosti.

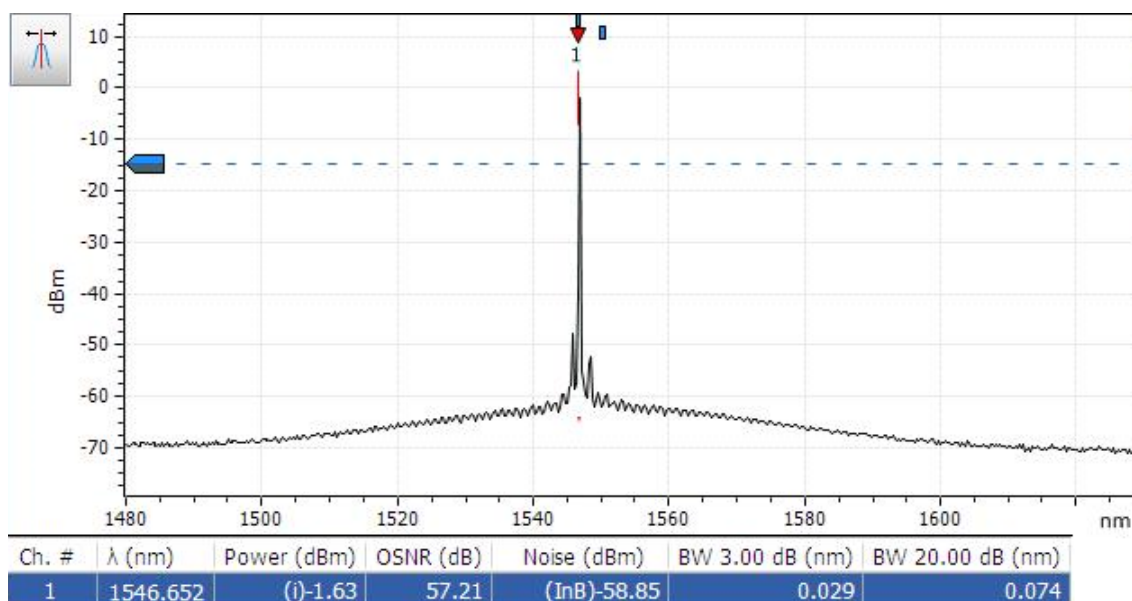
2.3.2 Porovnanie spektier DFB laseru

Na obr. 2.11 môžeme vidieť spektrum DFB laseru. Tento laser pracuje na vlnovej dĺžke 1546,652nm. Impulz, ktorý vidíme približne na vlnovej dĺžke 1510nm je svetlo s nastaviteľného DFB laseru. Pri meraní bolo potrebné si zapisovať jednotlivé hodnoty šírky pásma, ktoré sú zobrazené v modrom rámečku. Pomocou týchto hodnôt som zisťoval, či je možné ovplyvňovať spektrum DFB laseru.



Obrázok 2.11: Spektrum DFB laseru s nastaveným svetlom ladiťného zdroja na 1510nm.

Pri obr. 2.12 je nastavená vlnová dĺžka na laditeľnom DFB zdroji približne na pracovnú hodnotu DFB laseru. Pri porovnaní týchto dvoch spektier môžeme vidieť, že spektrum DFB laseru sa nám vôbec neovplyvňuje pre žiaden pracovný bod. Hodnoty sú buďto rovnaké, alebo výchyľky sú veľmi malé, prakticky zanedbateľné. Výsledkom tohto merania som zistil, že spektrum DFB laseru nie je možné ovplyvňovať laditeľným DFB zdrojom. Pretože konštrukcia DFB laseru sa skladá z P a N prechodu a po celej šírke laseru je aktívna oblasť, nad ktorou je prepletaná Braggovská mriežka. Keďže vlnová dĺžka je určená vlastnosťami tejto Braggovskej mriežky, museli by sme zasahovať do mriežky aby sme mohli meniť spektrum DFB laseru. Preto si tento laser drží veľmi precízne svoju vlnovú dĺžku.



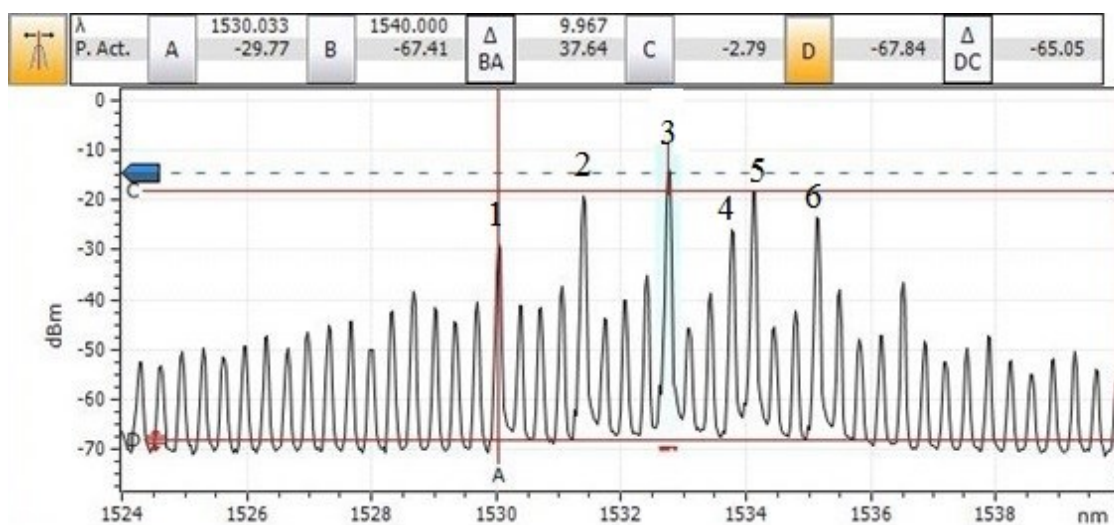
Obrázok 2.12: Spektrum DFB laseru s nastaveným svetlom laditeľného zdroja na 1546,6nm.

2.4 Meranie s F-P laserom

2.4.1 Postup merania

Po zobrazení spektra F-P laseru na spektrometri bolo potrebné nastaviť menší rozsah vlnových dĺžok kvôli lepšiemu zobrazeniu. Celé meranie som premeriaval v krokoch 50mA, 60mA, 70mA, 80mA, 90mA, 100mA a 110mA. Väčšiu hodnotu prúdu ako 110mA nebolo možné zmerať, pretože regulátor laserových diód ma upozornil výstražnou červenou diódou aby nedošlo k poškodeniu F-P laseru. Po tomto nastavení som zapol Marker (označený písmenom A) a ten som nastavil na vlnovú dĺžku 1530,033nm, teda na prvý vyšší impulz v spektre (označený 1) obr. 2.13. Po tomto nastavení som naladil na laditeľnom DFB zdroji vlnovú dĺžku 1530,033nm a dal som daný priebeh vykresliť na spektrometri. Pozoroval som ako sa mi prejavila zmena spektra. Ďalej som v spektrometri nastavil ďalšie Markery na meraných

impulzoch, čím som získal hodnoty rozdielov v danom spektre. Pri každej nastavenej hodnote prúdu som na laditeľnom DFB zdroji menil výkon po krokoch 0dBm, -3dBm a -6dBm. Po získaní všetkých potrebných hodnôt na vlnovej dĺžke 1530,033nm som Marker A nastavil na ďalší impulz (označený 2) a pokračoval som obdobne. Keď som mal premerané všetky impulzy na nastavenom prúde 50mA, zmenil som hodnotu na laditeľnom DFB zdroji na 60mA a celé meranie som opakoval. Takto som postupoval až kým som mal zmerané všetky kroky jednotlivých prúdov. Pre ukážku sú namerané hodnoty zaznamenané v tabuľkách v ďalšej podkapitole, všetky ostatné tabuľky sú umiestnené v prílohách.



Obrázok 2.13: Namerané spektrum F-P laseru, prúd 50mA, výkon 0dBm

2.4.2 Ukážka nameraných hodnôt F-P laseru

Tieto tabuľky sa skladajú z nastavených Markeroch, ktoré sú označené jednotlivými písmenami. Marker s označením „A“ vždy udáva počiatočný impulz, ktorého vlnová dĺžka sa nastavovala na laditeľnom zdroji. V tabuľkách veľké grécke písmeno delta „Δ“ označuje rozdiel dvoch vlnových dĺžok. Táto hodnota sa vzťahuje vždy od základného Markera A. Druhé grécke písmeno v tabuľkách théta „Θ“, udáva rozdiel hodnôt dvoch výkonov. Taktiež sa hodnota vzťahuje od základného Markera A. Všetky ostatné tabuľky sú v prílohách „B“.

		Nastavený Marker							
Prúd 50mA		A	B	C	D	E	F	G	H
0dBm	λ [nm]	1530,033	1530,68	1531,02	1531,36	1532,41	1533,77		
	P[dBm]	-16,26	-30,52	-26,32	-30,98	-28,98	-32,09		
	Δ [nm]		0,65	0,99	1,33	2,378	3,756		
	Θ [dBm]		14,24	10,06	14,72	12,72	15,83		
3dBm	λ [nm]	1530,033	1530,34	1530,68	1531,02	1531,7	1532,04	1533,06	1533,4
	P[dBm]	-13,86	-35,72	-28,34	-33,34	-35,64	-21,82	-34,41	-25,72
	Δ [nm]		0,678	1,018	1,358	2,038	2,378	3,396	3,736
	Θ [dBm]		21,86	14,48	19,48	21,78	7,96	20,55	11,87
6dBm	λ [nm]	1530,033	1531,39	1532,75	1534,14	1535,5	1536,52		
	P[dBm]	-41,73	-36,3	-31,42	-20,55	-45,89	-48,21		
	Δ [nm]		1,358	2,718	4,105	5,465	6,485		
	Θ [dBm]		-5,43	-10,31	-21,18	4,15	6,48		

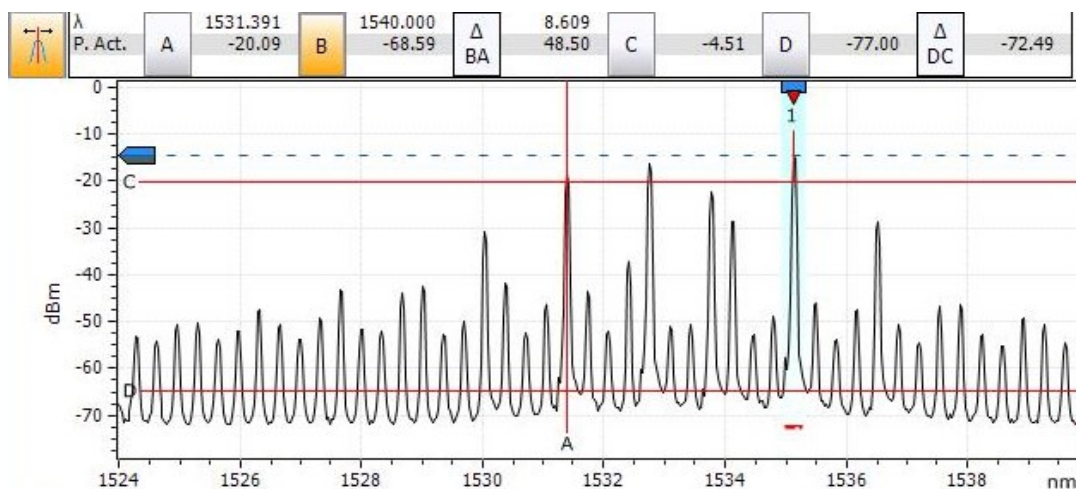
Tabuľka 2.1: Namerané hodnoty pri nastavenej vlnovej dĺžke 1530,033nm

		Nastavený Marker						
Prúd 50mA		A	B	C	D	E	F	G
0dBm	λ [nm]	1531,39	1531,76	1532,07	1533,15	1533,46	1534,48	
	P[dBm]	-20,09	-28,35	-31,31	-41,1	-37,78	-35,74	
	Δ [nm]		0,368	0,68	1,756	2,068	3,086	
	Θ [dBm]		13,31	16,27	26,06	22,74	20,7	
3dBm	λ [nm]	1531,39	1529,72	1531,11	1532,13	1533,49	1534,85	1536,23
	P[dBm]	-25,21	-36,66	-28,62	-34,03	-25,02	-15	-38,66
	Δ [nm]		1,698	0,31	0,736	2,096	3,454	4,843
	Θ [dBm]		12,58	4,54	8,82	-0,18	-10,2	13,46
6dBm	λ [nm]	1531,39	1530,03	1532,75	1534,11	1535,5		
	P[dBm]	-13,95	-33,97	-18,91	-22,85	-38,25		
	Δ [nm]		1,358	1,36	2,718	4,107		
	Θ [dBm]		20,02	4,96	8,9	24,3		

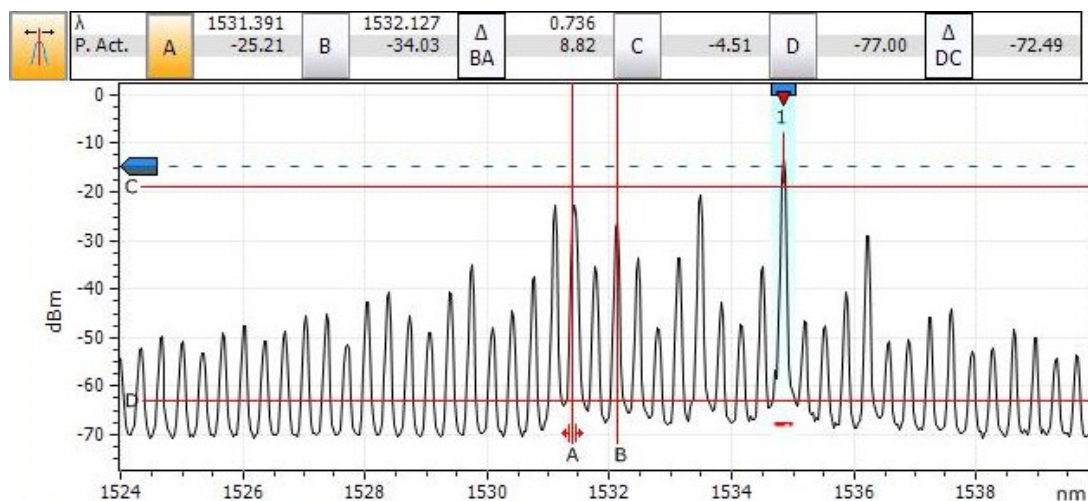
Tabuľka 2.2: Namerané hodnoty pri nastavenej vlnovej dĺžke 1531,39nm

2.4.3 Porovnanie spektier F-P laseru

Štruktúra F-P laseru na začiatku je taká, že ju môžeme opísať počtom elementárnych módo, ktorých je šesť viac obr. 2.13. Tieto jednotlivé módy boli najvýraznejšie v danom spektre. Mód 1 pracoval na vlnovej dĺžke 1530,033nm a jeho výkon bol -29,77dBm. Mód 2 pracoval na vlnovej dĺžke 1531,46nm a jeho výkon bol -19,86dBm. Mód 3 pracoval na vlnovej dĺžke 1532,75nm a jeho výkon bol -14,95dBm. Mód 4 pracoval na vlnovej dĺžke 1533,83nm a jeho výkon bol -26,32dBm. Mód 5 pracoval na vlnovej dĺžke 1534,27nm a jeho výkon bol -19,02dBm a posledný mód pracoval na vlnovej dĺžke 1535,18nm a jeho hodnota výkonu bola -23,69dBm. Pri porovnaní nasledujúcich dvoch obrázkov môžeme vidieť zmeny hodnôt impulzu na vlnovej dĺžke 1531,391nm. Na obr. 2.14 je výkon na tomto impulzu -20,09dBm. Ako náhle sme začali na daný impulz svietiť laditeľným DFB zdrojom, začalo sa nám ovplyvňovať dané spektrum. Zmeny sa prejavili hlavne poklesom maximálnej hodnoty výkonu na impulze, ktorého hodnota výkonu bola -25,21dBm. Zmeny sa prejavili aj na celkovom spektre F-P laseru viac obr.2.15. Po dokončení celkového merania a získaní všetkým potrebných hodnôt môžeme konštatovať, že najviac sa v spektre menili maxima a vlnové dĺžky na daných impulzoch. Tieto zmeny boli ovplyvňované nastavením veľkosti prúdov, nastavením pracovného bodu a ako sú vzdialené impulzy od seba v danom spektre. Pretože keď sa presne naladí vlnová dĺžka na impulz ma to iné chovanie ako keď sa naladí na trocha inú vlnovú dĺžku. Toto sú všetky vplyvy ktoré ovplyvňujú spektrum.



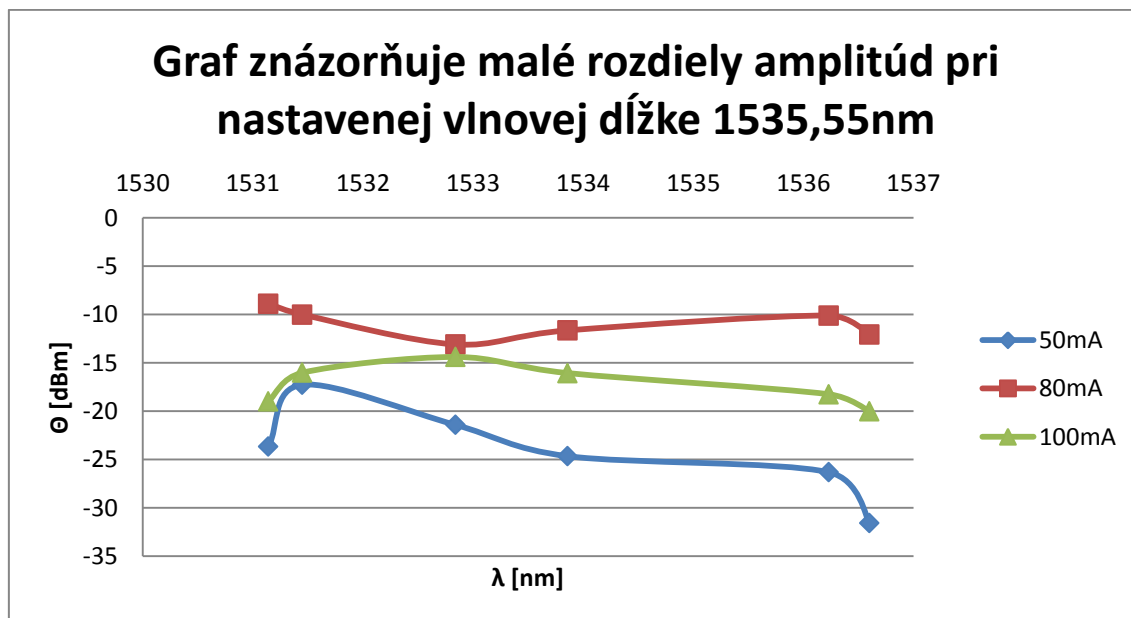
Obrázok 2.14: Namerané spektrum F-P laseru, prúd 50mA, výkon 0dBm

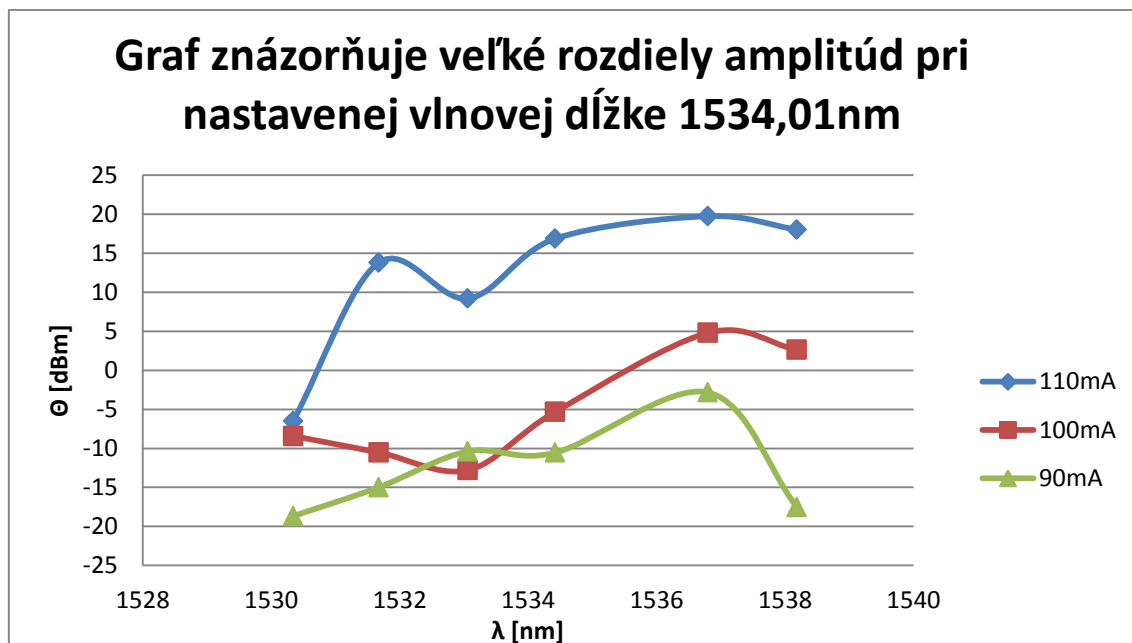


Obrázok 2.15: Namerané spektrum F-P laseru, prúd 50mA, výkon -3dBm

2.4.4 Grafy závislosti

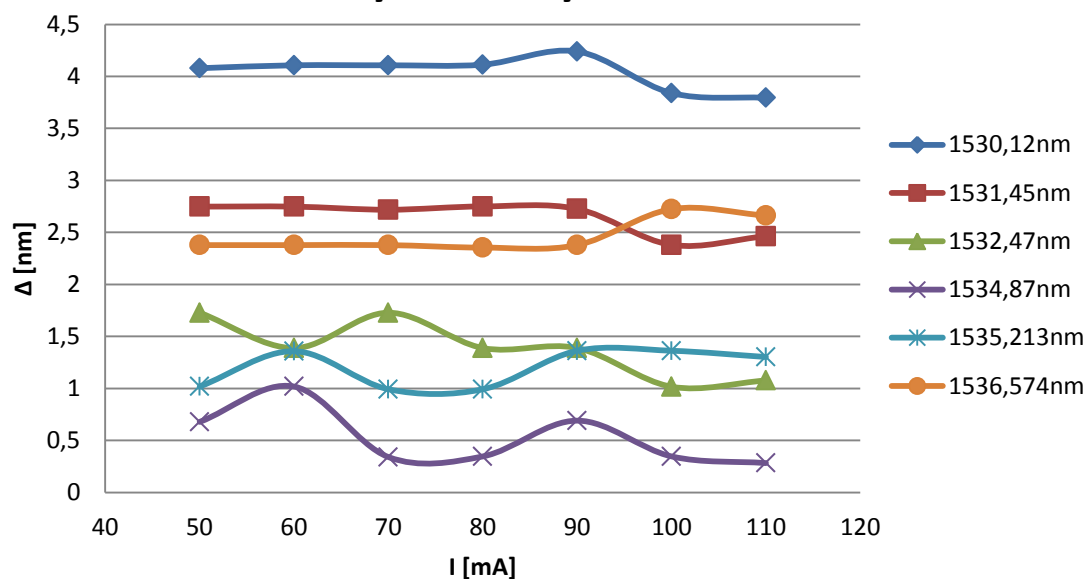
Grafy, ktoré znázorňujú zmeny hodnôt v amplitúde sú tvorené závislosťou vlnovej dĺžky na rozdielnych hodnotách výkonov. Prvý graf je tvorený pri vlnovej dĺžke 1535,55nm s nastaveným výkonom 0dBm. Druhý graf je tvorený pri vlnovej dĺžke 1534,01 s nastaveným výkonom -6dBm. Pri porovnaní oboch grafov môžeme vidieť, ako sú hodnoty jednotlivých amplitúd ovplyvňované nastaveným prúdom a rozdielnym výkonom. Zatiaľ čo pri prvom grafe je maximálny rozdiel hodnôt cca 15dBm, pri druhom grafe je to približne 40dBm. Najväčšie rozdiely amplitúd boli pri nastavenom prúde 110mA.



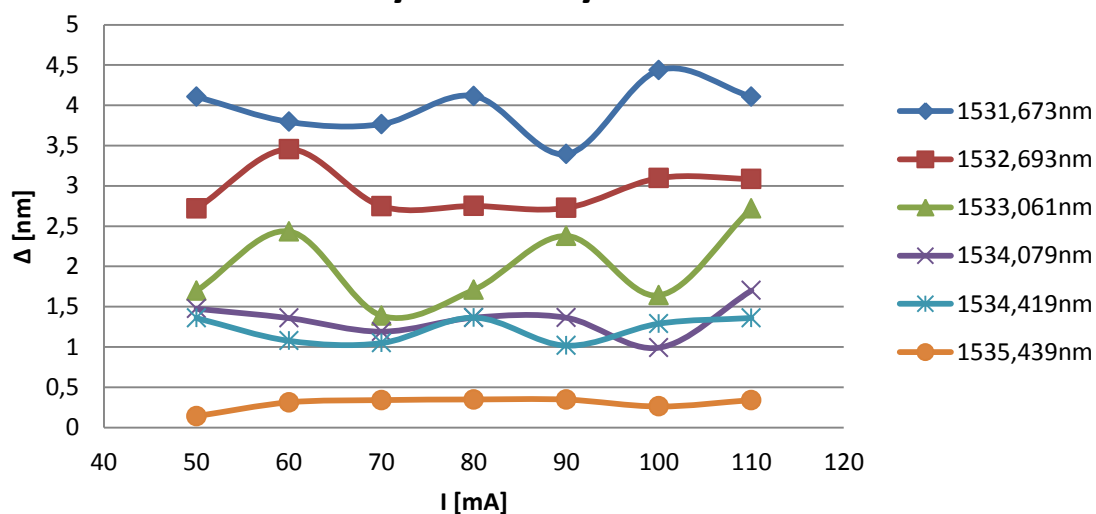


Nasledujúce dva grafy sú tvorené závislosťou prúdu na hodnote rozdielu vlnových dĺžkach. Tieto dva grafy zobrazujú posuny vlnových dĺžok. Každý mód sa posúval iným spôsobom a tieto posuny sú zobrazené v týchto grafoch. Pre lepšie porovnanie som vybral hodnoty, ktoré sa menili čo najmenej, tie sú zobrazené v prvom grafe. Naopak v druhom grafe sú hodnoty, ktoré sa líšili oveľa výraznejšie. Prvý graf vznikol pri pozorovanej vlnovej dĺžke 1534,2nm. Každá čiara v grafe znázorňuje ako sa menili hodnoty vlnovej dĺžky pri meniacom sa prúde s nastaveným konštantným výkonom. Druhý graf vznikol pri pozorovanej vlnovej dĺžke 1535,54nm s rozdielnymi nastavenými výkonmi.

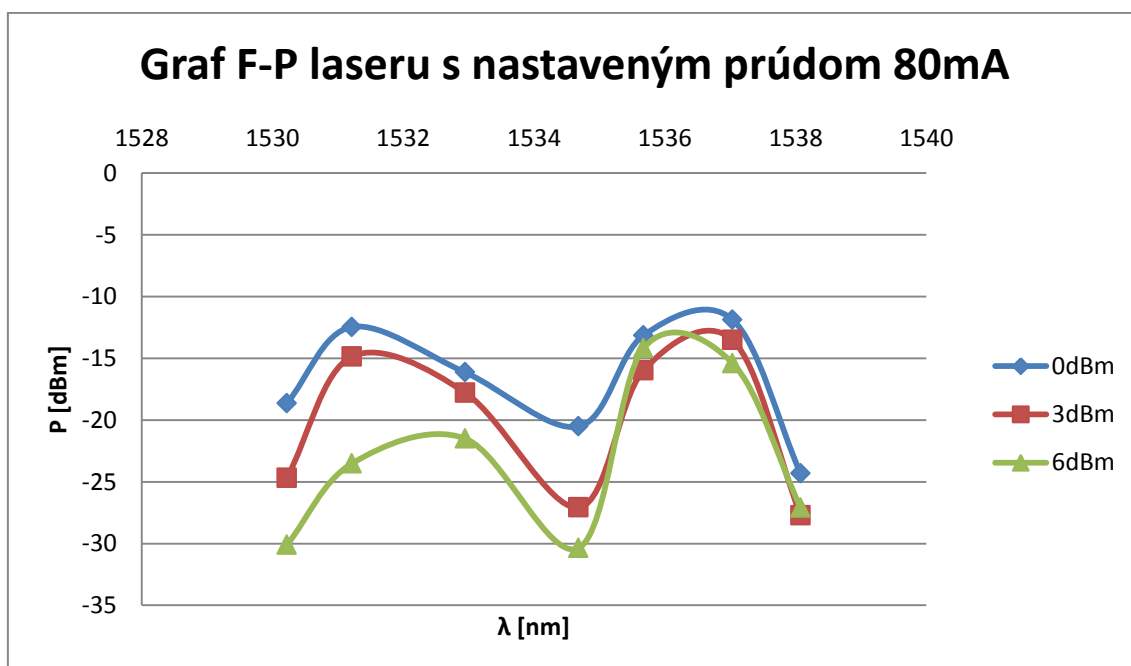
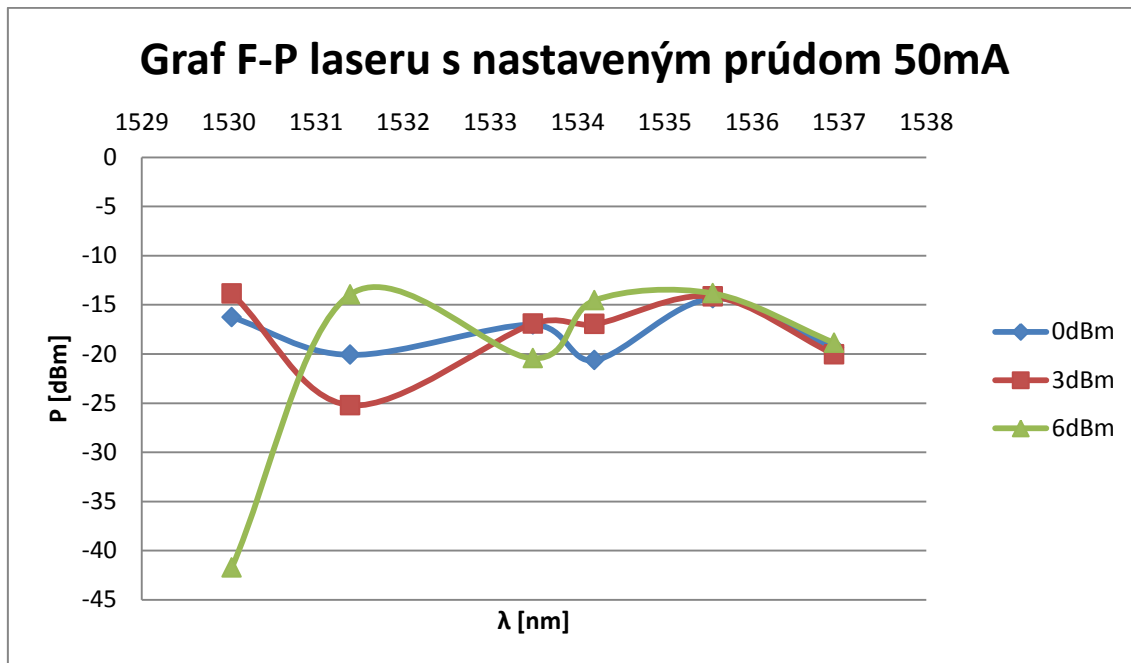
Graf znázorňuje malé zmeny spektra na daných vlnových dĺžkach

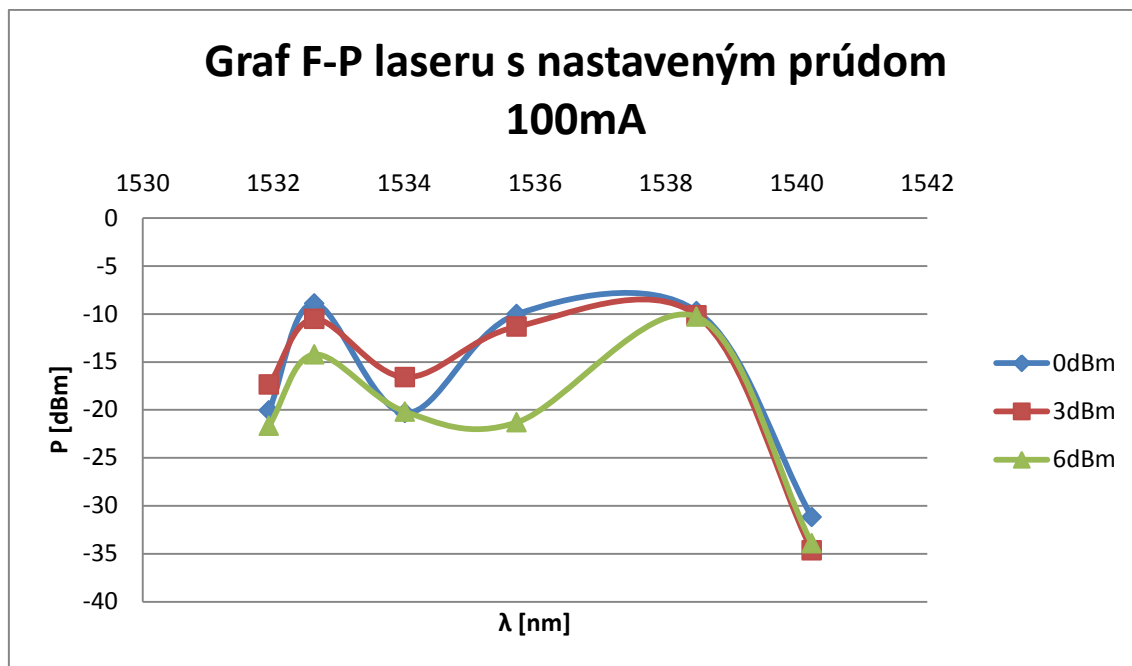


Graf znázorňuje veľké zmeny spektra na daných vlnových dĺžkach



Nasledujúce tri grafy sú tvorené závislosťou vlnovej dĺžky na výkone. Týmto grafmi je možné ukázať ako sa menili hodnoty maxima impulzov pri zmene výkonov, ktoré som menil na laditeľnom DFB zdroji. Každý jeden graf zodpovedá nastavenému prúdu 50mA, 80mA a 100mA.





2.5 Meranie LED

2.5.1 Postup merania

Po zobrazení spektra LED na spektrometru bolo potrebné nastaviť menší rozsah vlnových dĺžok kvôli lepšiemu zobrazeniu. Celé meranie som premeriaval v krokoch 50mA, 60mA, 70mA, 80mA, 90mA a 100mA. Na laditeľnom DFB zdroji som nastavil počiatočnú vlnovú dĺžku na 1510nm. Čiže bola to najmenšia možná nastaviteľná hodnota na tomto zdroji. Na spektre LED sa mi objavil impulz z DFB zdroja viac obr. 2.16. Po tomto som nastavil Markere (označené písmenami „C“ a „D“) a tie som nastavil na začiatok a koniec daného impulzu. Tím som mohol sledovať jednotlivé zmeny a zapisovať si hodnoty. Ďalej som v spektrometri nastavil ďalší Marker, ktorý mi udával presnú vlnovú dĺžku impulzu. Pri každej nastavenej hodnote prúdu som na laditeľnom DFB zdroji menil výkon po krokoch 0dBm, -3dBm a -6dBm. Kroky vlnových dĺžok som nastavoval po desiatkoch nanometroch v rozmedzí od 1510 -1610nm.



Obrázok 2.16: Spektrum LED diódy s impulzom z DFB zdroja

2.5.2 Ukážka nameraných hodnôt LED diódy

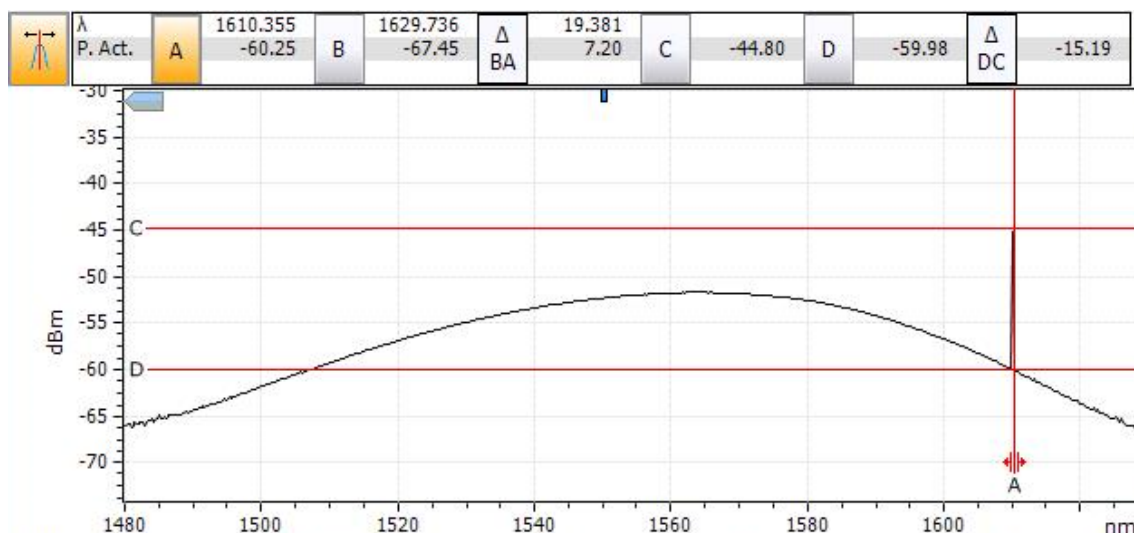
V tabuľke stĺpce označené „Pc“ a „Pd“ označujú výkon impulzu DFB zdroja, tak ako môžete vidieť na obr.2.16. Veľké grécke písmeno θ „ Θ “ označuje rozdiel hodnôt v stĺpci označenom „Pd“ k stĺpci označenom „Pc“. Ostatné tabuľky sú v prílohách kvôli ich obsiahlosti.

I=50mA, LED										
Rozsah(nm)	P=0dBm				P=3dBm			P=6dBm		
	λ(nm)	Pc(dBm)	Pd(dBm)	Θ [dBm]	Pc(dBm)	Pd(dBm)	Θ [dBm]	Pc(dBm)	Pd(dBm)	Θ [dBm]
1510	1510,265	-51,04	-64,5	-13,46	-54,13	-63,88	-9,75	-56,77	-63,38	-6,61
1515	1515,045	-50,03	-62,59	-12,56	-53,04	-62,42	-9,38	-56,64	-62,75	-6,11
1520	1520,089	-51,04	-61,58	-10,54	-54,53	-61,09	-6,56	-56,77	-61,09	-4,32
1530	1530,177	-51,04	-58,97	-7,93	-54,53	-58,71	-4,18	-55,57	-58,85	-3,28
1540	1540,266	-50,42	-56,42	-6	-52,4	-56,82	-4,42	-54,19	-56,95	-2,76
1550	1550,354	-50,42	-55,64	-5,22	-51,24	-55,7	-4,46	-52,6	-55,5	-2,9
1560	1560,442	-48,87	-55,19	-6,32	-50,6	-54,98	-4,38	-52,24	-54,96	-2,72
1570	1569,998	-48,41	-55,07	-6,66	-50,87	-55,14	-4,27	-55,42	-55,14	0,28
1580	1580,087	-47,38	-56,38	-9	-49,73	-56,19	-6,46	-52,42	-56,26	-3,84
1590	1590,179	-46,67	-58,28	-11,61	-49,73	-58,35	-8,62	-50,79	-58,4	-7,61
1595	1595,487	-46,67	-59,47	-12,8	-49,19	-58,89	-9,7	-51,14	-59,8	-8,66
1600	1600,267	-46,67	-59,47	-12,8	-50,22	-61,26	-11,04	-52,87	-61,36	-8,49
1605	1603,451	-47,77	-61,92	-14,15	-48,67	-62,72	-14,05	-51,05	-62,76	-11,71
1610	1610,335	-47,47	-64,57	-17,1	-50,22	-64,49	-14,27	-53,75	-64,37	-10,62

Tabuľka 2.3: Namerané hodnoty LED diódy s nastaveným prúdom 50mA.

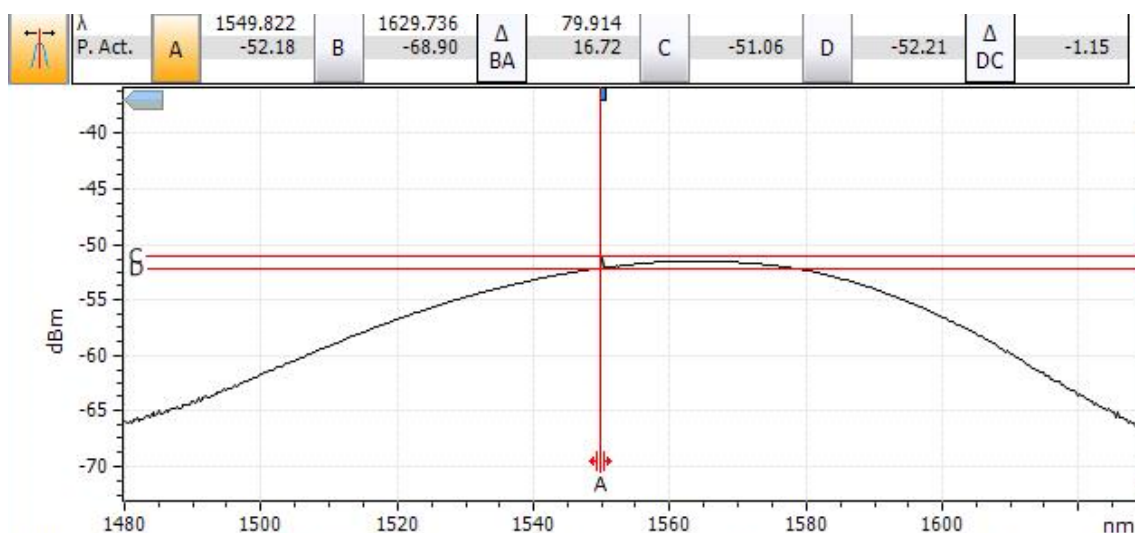
2.5.3 Porovnanie spektier LED diódy

Na obr.2.17 môžeme vidieť spektrum LED diódy s nastaveným svetlom laditeľného DFB zdroja na vlnovej dĺžke 1610,355nm. Hodnota prúdu bola nastavená na 80mA a výkon na 0dBm. Táto LED je špecifická v tom, že si dokáže zachovať svoje spektrum a popri ňom zobrazuje impulz z DFB zdroja. Takáto LED sa taktiež nazýva povrchovo emitujúca dióda (SLED). Pri tomto meraní som zapisoval najmenšiu a maximálnu hodnotu impulzu DFB lasera. Na tomto obrázku môžeme vidieť, že rozdiel hodnôt medzi minimálnym a maximálnym výkonom je -15,19dBm.



Obrázok 2.17: Spektrum LED diódy s nastaveným svetlom laditeľného zdroja na 1610,355nm.

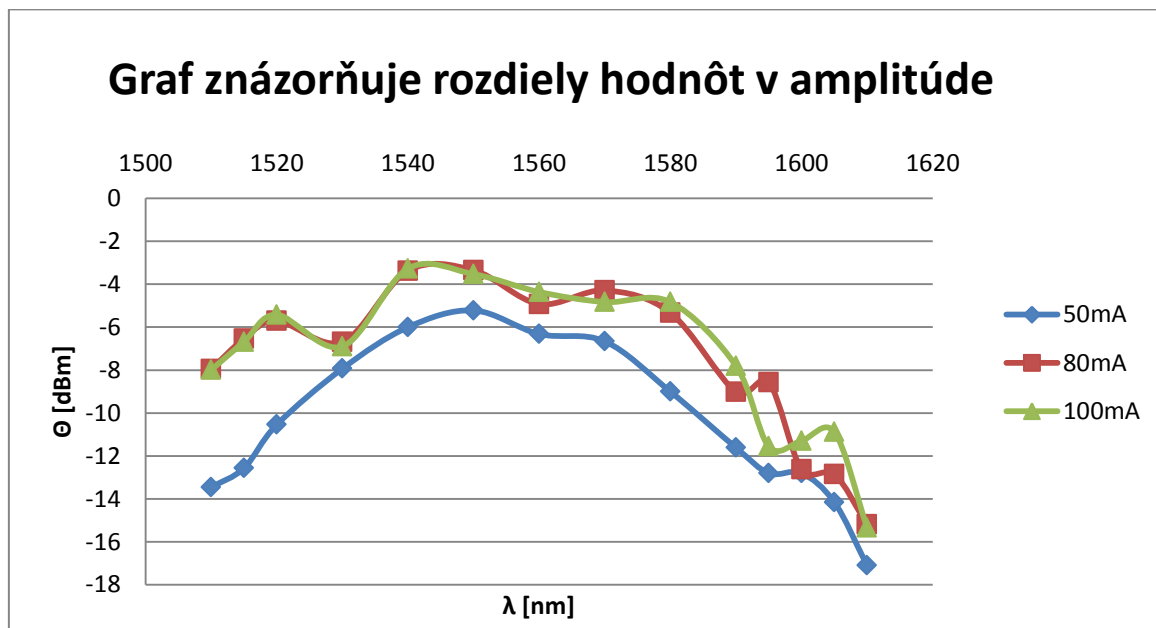
Na obr.2.18 môžeme vidieť spektrum LED diódy s nastaveným svetlom laditeľného DFB zdroja na vlnovej dĺžke 1549,822nm. Hodnota prúdu bola nastavená na 80mA a výkon na -3dBm. Rozdiel hodnôt medzi minimálnym a maximálnym výkonom je -1,15dBm. Pri porovnaní obr. 2.17 a obr. 2.18 je zrejmé, že došlo k zmene spektra LED diódy. Dokazujú to aj namerané hodnoty. Ďalej môžeme vidieť na obr. 2.18, že sa zvýšil výkon celkového spektra LED diódy a znížil sa impulz laditeľného DFB lasera.



Obrázok 2.18: Spektrum LED diódy s nastaveným svetlom laditeľného zdroja na 1549,822nm.

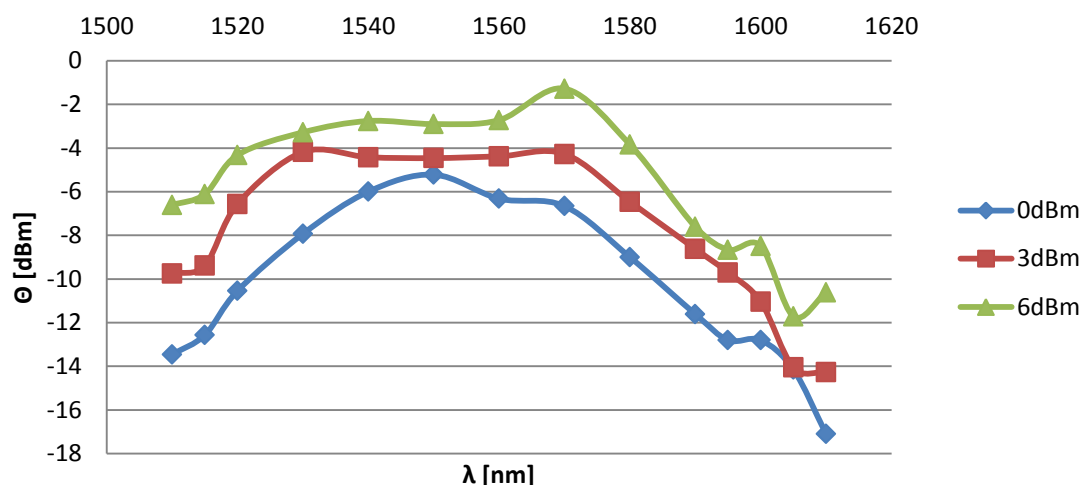
2.5.4 Grafy závislosti

V grafe na X ose sa nachádza vlnová dĺžka v rozmedzí 1510nm až 1610nm. Y os tvorí grécke písmeno θ , ktoré vyjadruje rozdiel hodnôt jednotlivých výkonov. Modrá, červená a zelená čiara v grafe vyjadruje rozdiel hodnôt v amplitúde pri nastavenom prúde 50mA, 80mA a 100mA.

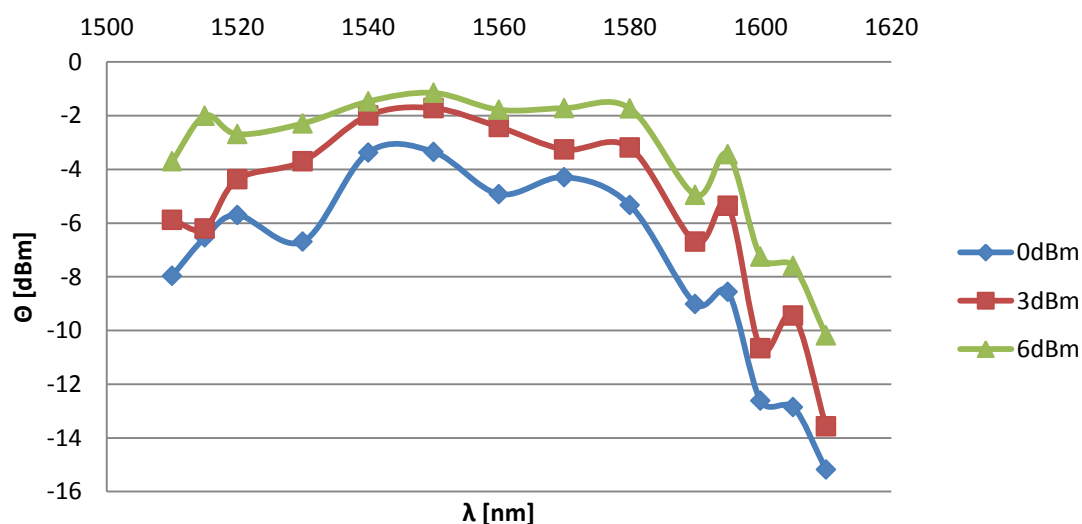


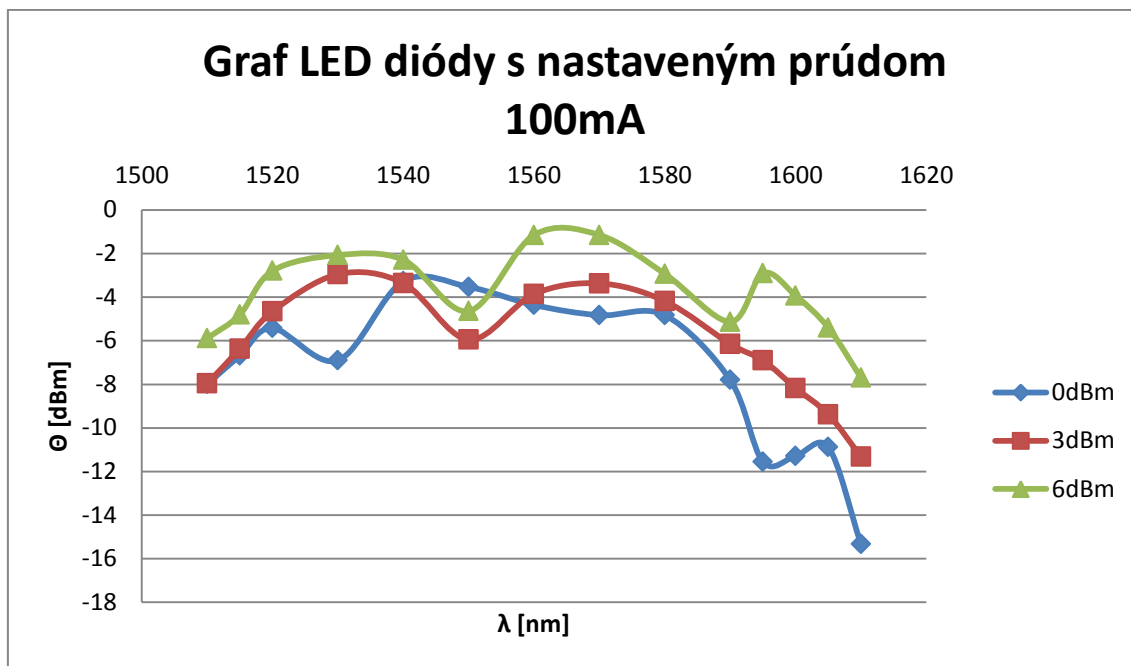
Nasledujúce tri grafy sú tvorené závislosťou vlnovej dĺžky na rozdielnej hodnote výkonu. Týmto grafmi je možné ukázať ako sa menili hodnoty maxima impulzov pri zmene výkonov. Pri porovnaní týchto grafov je zrejmé, že pri nastavení výkonu -6dBm sa nám hodnoty prejavovali najvyššie po celom rozsahu hodnôt vlnovej dĺžky. Každý jeden graf zodpovedá nastavenému prúdu 50mA, 80mA a 100mA.

Graf LED diódy s nastaveným prúdom 50mA



Graf LED diódy s nastaveným prúdom 80mA



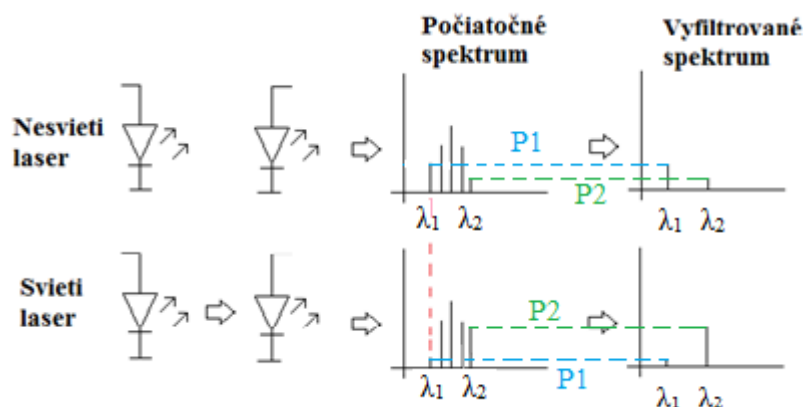


Záver

Cieľom tejto diplomovej práce bolo zistiť, či je možné ovplyvňovať zdroj svetla iným zdrojom svetla. Ako prvé som vyskúšal ovplyvňovať DFB laser pomocou laditeľného DFB zdroja. Pri tomto meraní som zistil a taktiež nasvedčovali tomu všetky hodnoty, že spektrum DFB laseru sa mi vôbec nemenilo pre žiaden pracovný bod. Hodnoty boli buďto rovnaké, alebo výchylky boli veľmi malé, prakticky zanedbateľné. Výsledkom tohto merania som zistil, že spektrum DFB laseru nie je možné ovplyvňovať laditeľným DFB zdrojom. Pretože po celej šírke laseru je aktívna oblasť, nad ktorou je preleptaná Braggovská mriežka. Keďže vlnová dĺžka je určená vlastnosťami tejto Braggovskej mriežky, museli by sme zasahovať do mriežky aby sme mohli meniť spektrum DFB laseru. Preto si tento laser drží veľmi precízne svoju vlnovú dĺžku.

Pri druhom meraní som vyskúšal ovplyvňovať F-P laser pomocou laditeľného DFB zdroja. Ako náhle som začal na daný impulz svietiť laditeľným DFB zdrojom, začalo sa nám ovplyvňovať dané spektrum. Zmeny sa prejavili hlavne poklesom maximálnej hodnoty výkonu na impulze. Zmeny sa prejavili aj tým, že sa menilo celkové spektrum F-P laseru. Po dokončení celkového merania a získaní všetkým potrebných hodnôt môžem konštatovať, že najviac sa v spektre menili maxima a vlnové dĺžky na daných impulzoch. Tieto zmeny boli ovplyvňované nastavením veľkosti prúdov, nastavením pracovného bodu a ako sú vzdialené impulzy od seba v danom spektre. Pretože keď sa presne naladí vlnová dĺžka na impulz ma to iné chovanie ako keď sa naladí na trocha inú vlnovú dĺžku. Toto sú všetky vplyvy ktoré ovplyvňujú spektrum F-P laseru.

Pri treťom meraní som vyskúšal ovplyvňovať LED diódu pomocou laditeľného DFB zdroja. Pri tomto meraní som zistil, že LED dióda pri svietení DFB zdroja na jej spektrum sa správa ako povrchovo emitujúca dióda SLED. Ďalej som zistil, že pri zväčšovaní výkonu spektrum LED diódy zvýšilo a znížil sa impulz laditeľného zdroja.



Obrázok 2.19: Ukážka možného princípu pri dosiahnutých výsledkoch

Ako náhle sa posvietilo laditeľným DFB laserom na vlnovú dĺžku λ_1 , pôvodná malá hodnota výkonu na vlnovej dĺžke λ_2 sa zmenila na veľkú hodnotu výkonu na tejto vlnovej dĺžke

viac obr. 2.19. V tej chvíli sa vlnová dĺžka λ_2 chová ako zdrojová. Celý tento systém sa chová ako spínač. Ak nie je výkon na vstupe nie je výkon na výstupe na vlnovej dĺžke λ_2 . Ak je výkon na vstupe zmení sa veľkosť výkonu na vlnovej dĺžke λ_2 . Všetky doterajšie výsledky ukázali, že je možné ovplyvňovať jedno svetelné spektrum druhým. Vzájomné vlastnosti zdrojov sa ovplyvňujú. V diplomovej práci som ukázal jedno z možných usporiadaní. Najlepšie sa zmeny prejavovali, keď sa použil laditeľný zdroj s vysoko stabilizačným laserovým svetlom s ovládaním Fabry-Perotov laseru. Naopak vôbec sa zmeny neprejavovali pri DFB laseru a čiastočne sa prejavovali pri LED dióde. Toto je základná myšlienka, ktorá sa podarila overiť. Tento princíp sa môže použiť po úpravách ako základ konštrukcie celo – optických spínačov, pretože do toho nezasahuje žiadne elektrické ovládanie, čiže je rozhodujúce svetlo verzus svetlo.

Použitá literatura

- [1] SUEMATSU .., Ed. by Y... Handbook of semiconductor lasers and photonic integrated circuits. Engl. language ed. London [u.a.]: Chapman, 1994. ISBN 04-125-4720-1.
- [2] Distributed Feedback Lasers. In: PASCHOTTA., Rüdiger. RP PhotonicsEncyclopedia [online]. October 2008. Germany, 2008 [cit. 2014-02-26]. Dostupné z: http://www.rp-photonics.com/distributed_feedback_lasers.html
- [3] Eblana Photonics. Eblana Photonics: Laser Diodes [online]. Dublin 2, Ireland, 2001 [cit. 2014-03-12]. Dostupné z: <http://www.eblanaphotonics.com/EP1654-DM-Series.php>
- [4] ThorLabs: Drivers. ThorLabs: Laser Diode Drivers [online]. United Kingdom: Saint Thomas Place, 2013 [cit. 2014-04-05]. Dostupné z: http://www.thorlabs.com/newgrouppage9.cfm?objectgroup_id=10
- [5] ISO 9001. EXFO: FTB-500 Platform. Canada, 2011. Dostupné z: http://www.mteh.hr/datasheets/Product9_EXFO%20FTB-500%20Datasheet.pdf
- [6] ISO 9001. ThorLabs: TCLDM9. Canada, 2011. Dostupné z: http://www.exfo.com/Documents/TechDocuments/Specification_Sheets/EXFO_spec-sheet_IQS-FLS-2600B-v8_en.pdf
- [7] ISO 9001. ThorLabs: TCLDM9. Canada, 2004. Dostupné z: <http://www.thorlabs.de/thorproduct.cfm?partnumber=TCLDM9>
- [8] Optokon: SFT-S35. Czech Republic, 23.4.2007. Dostupné z: http://www.exfo.com/Documents/TechDocuments/Specification_Sheets/EXFO_spec-sheet_IQS-FLS-2600B-v8_en.pdf
- [9] IKEGAMI, Tetsuhiko, Shoichi SUDO a Yoshihisa SAKAI. *Frequency stabilization of semiconductor laser diodes*. Boston: Artech House, 1995. ISBN 0-89006-648-5.
- [10] ProElektrotechniky. In: SLAVÍK, Ing. Jakub. *Víte, jak funguje LED* [online]. Praha, 1.3.2013 [cit. 2014-04-24]. Dostupné z: <http://www.proelektrotechniky.cz/vzdelavani/15.php>
- [11] Ledcenter. In: *Druhy Led* [online]. Nové Zámky, 2012 [cit. 2014-04-24]. Dostupné z: <http://www.ledcenter.sk/druhy-led>

Zoznam príloh

Príloha A:	Namerané hodnoty DFB laseru	I
Príloha B:	Namerané hodnoty F-P laseru	v
Príloha C:	Namerané hodnoty LED diódy	xxix

Súčasťou DP je CD.

Adresárová štruktúra priloženého CD:

- Namerané hodnoty F-P laseru
- Namerané hodnoty DFB laseru
- Namerané hodnoty LED diódy
- Použité obrázky
- Diplomová práca

Tabuľka A.1: Namerané hodnoty DFB laseru s nastaveným prúdom 6mA

I=6mA, DFB(I)LD								
Rozsah(nm)	P=1mW				P=0,5mW			
	λ (nm)	P(dBm)	BW 3dB(nm)	BW 20dB(nm)	λ (nm)	P(dBm)	BW 3dB(nm)	BW 20dB(nm)
1545	1546,105	28,22	0,03	0,079	1546,09	28,24	0,029	0,08
1545,1	1546,097	28,22	0,03	0,08	1546,092	28,24	0,029	0,08
1545,2	1546,089	28,22	0,029	0,08	1546,094	28,22	0,03	0,08
1545,3	1546,084	28,24	0,029	0,079	1546,095	28,23	0,03	0,08
1545,4	1546,08	28,24	0,029	0,08	1546,096	28,21	0,03	0,08
1545,5	1546,078	28,23	0,029	0,079	1546,096	28,22	0,029	0,08
1545,6	1546,077	28,23	0,029	0,079	1546,093	28,22	0,03	0,08
1545,7	1546,079	28,24	0,029	0,08	1546,086	28,24	0,029	0,079
1545,8	1546,079	28,24	0,029	0,08	1546,084	28,24	0,029	0,079
1545,81	1546,08	28,23	0,029	0,08	1546,085	28,23	0,029	0,079
1545,82	1546,079	28,23	0,029	0,08	1546,085	28,24	0,029	0,079
1545,83	1546,081	28,23	0,028	0,08	1546,089	28,23	0,029	0,08
1545,84	1546,08	28,23	0,029	0,08	1546,093	28,23	0,029	0,08
1545,85	1546,082	28,23	0,029	0,08	1546,095	28,21	0,03	0,08
1545,86	1546,083	28,23	0,029	0,08	1546,097	28,21	0,03	0,08
1545,87	1546,085	28,25	0,029	0,79	1546,094	28,22	0,03	0,08
1545,88	1546,085	28,26	0,029	0,79	1546,094	28,24	0,03	0,08
1545,89	1546,085	28,25	0,03	0,79	1546,096	28,23	0,029	0,08
1545,9	1546,086	28,27	0,029	0,79	1546,093	28,24	0,03	0,08
1545,91	1546,085	28,26	0,029	0,79	1546,093	28,25	0,029	0,08
1545,92	1546,085	28,23	0,029	0,79	1546,095	28,23	0,03	0,08
1545,93	1546,085	28,24	0,029	0,79	1546,093	28,23	0,03	0,08
1545,94	1546,085	28,22	0,029	0,79	1546,095	28,21	0,029	0,08
1545,95	1546,085	28,22	0,029	0,79	1546,096	28,21	0,03	0,08
1545,96	1546,086	28,22	0,029	0,79	1546,096	28,21	0,03	0,08
1545,97	1546,087	28,23	0,029	0,79	1546,096	28,22	0,03	0,08
1545,98	1546,087	28,22	0,029	0,79	1546,096	28,21	0,03	0,08
1545,99	1546,088	28,23	0,029	0,79	1546,095	28,2	0,03	0,08
1546	1546,088	28,22	0,029	0,08	1546,097	28,21	0,029	0,08
1546,1	1546,09	28,22	0,029	0,08	1546,098	28,21	0,03	0,08
1546,2	1546,09	28,23	0,029	0,08	1546,1	28,21	0,029	0,08
1546,3	1546,091	28,26	0,029	0,08	1546,102	28,24	0,03	0,079
1546,4	1546,09	28,24	0,029	0,08	1546,102	28,23	0,03	0,08
1546,5	1546,09	28,24	0,029	0,08	1546,102	28,22	0,03	0,079

Tabuľka A.2: *Namerane hodnoty DFB laseru s nastaveným prúdom 10mA*

I=10mA, DFB(I)LD								
	P=1mW				P=0,5mW			
Rozsah(nm)	λ (nm)	P(dBm)	BW 3dB(nm)	BW 20dB(nm)	λ (nm)	P(dBm)	BW 3dB(nm)	BW 20dB(nm)
1545	1545,926	22,89	0,028	0,075	1545,998	22,92	0,028	0,075
1545,1	1545,939	22,87	0,028	0,075	1545,999	22,91	0,028	0,075
1545,2	1545,943	22,86	0,028	0,075	1546	22,93	0,028	0,075
1545,3	1545,947	22,85	0,029	0,075	1545,999	22,92	0,028	0,075
1545,4	1545,949	22,87	0,028	0,075	1546,001	22,93	0,028	0,075
1545,5	1545,95	22,85	0,028	0,075	1546,004	22,93	0,028	0,075
1545,6	1545,955	22,86	0,029	0,075	1546,006	22,93	0,028	0,075
1545,7	1545,955	22,86	0,028	0,075	1546,006	22,94	0,028	0,075
1545,8	1545,957	22,85	0,029	0,075	1546,005	22,94	0,028	0,075
1545,81	1545,961	22,86	0,028	0,075	1546,003	22,94	0,028	0,075
1545,82	1545,959	22,86	0,029	0,075	1546,004	22,94	0,028	0,075
1545,83	1545,954	22,85	0,029	0,075	1546,008	22,94	0,028	0,075
1545,84	1545,949	22,85	0,028	0,075	1546,01	22,94	0,028	0,075
1545,85	1545,952	22,84	0,029	0,075	1546,01	22,94	0,028	0,075
1545,86	1545,96	22,84	0,029	0,075	1546,009	22,94	0,028	0,075
1545,87	1545,962	22,85	0,028	0,075	1546,01	22,93	0,028	0,075
1545,88	1545,961	22,85	0,028	0,075	1546,013	22,94	0,028	0,075
1545,89	1545,96	22,84	0,029	0,075	1546,012	22,93	0,028	0,075
1545,9	1545,961	22,85	0,029	0,075	1546,013	22,92	0,029	0,075
1545,91	1545,961	22,84	0,029	0,076	1546,013	22,92	0,028	0,075
1545,92	1545,965	22,85	0,029	0,078	1546,014	22,92	0,029	0,075
1545,93	1545,964	22,85	0,029	0,082	1546,017	22,9	0,029	0,075
1545,94	1545,962	22,85	0,029	0,08	1546,018	22,91	0,028	0,075
1545,95	1545,971	22,85	0,029	0,079	1546,012	22,93	0,028	0,076
1545,96	1545,971	22,85	0,029	0,079	1546,009	22,93	0,028	0,076
1545,97	1545,975	22,86	0,029	0,076	1546,013	22,92	0,028	0,077
1545,98	1545,976	22,85	0,029	0,076	1546,016	22,91	0,029	0,079
1545,99	1545,978	22,85	0,029	0,076	1546,02	22,91	0,029	0,08
1546	1545,98	22,86	0,029	0,077	1546,018	22,91	0,029	0,078
1546,1	1545,984	22,86	0,028	0,075	1546,014	22,92	0,028	0,075
1546,2	1545,991	22,9	0,029	0,075	1546,011	22,94	0,028	0,075
1546,3	1545,994	22,91	0,028	0,075	1546,012	22,94	0,028	0,075
1546,4	1545,993	22,9	0,028	0,075	1546,015	22,93	0,029	0,075
1546,5	1545,995	22,91	0,028	0,075	1546,012	22,93	0,028	0,075

Tabuľka A.3: *Namerane hodnoty DFB laseru s nastaveným prúdom 20mA*

I=20mA, DFB(I)LD								
	P=1mW				P=0,5mW			
Rozsah(nm)	λ (nm)	P(dBm)	BW 3dB(nm)	BW 20dB(nm)	λ (nm)	P(dBm)	BW 3dB(nm)	BW 20dB(nm)
1545	1546,151	18,6	0,029	0,073	1546,159	18,57	0,028	0,073
1545,1	1546,15	18,61	0,029	0,073	1546,159	18,57	0,028	0,073
1545,2	1546,15	18,59	0,028	0,073	1546,158	18,58	0,028	0,073
1545,3	1546,149	18,6	0,028	0,073	1546,162	18,56	0,029	0,073
1545,4	1546,149	18,6	0,028	0,073	1546,165	18,57	0,029	0,073
1545,5	1546,148	18,6	0,028	0,073	1546,165	18,56	0,029	0,072
1545,6	1546,147	18,61	0,028	0,073	1546,167	18,56	0,029	0,073
1545,7	1546,144	18,6	0,028	0,073	1546,166	18,56	0,029	0,072
1545,8	1546,145	118,59	0,028	0,073	1546,165	18,56	0,029	0,072
1545,81	1546,146	18,6	0,028	0,073	1546,168	18,56	0,029	0,073
1545,82	1546,148	18,6	0,028	0,073	1546,168	18,56	0,029	0,072
1545,83	1546,148	18,59	0,028	0,073	1546,166	18,56	0,029	0,072
1545,84	1546,148	18,6	0,028	0,073	1546,167	18,55	0,029	0,072
1545,85	1546,147	18,6	0,028	0,073	1546,167	18,56	0,029	0,073
1545,86	1546,148	18,59	0,028	0,073	1546,168	18,57	0,029	0,072
1545,87	1546,149	18,6	0,028	0,073	1546,169	18,57	0,029	0,072
1545,88	1546,15	18,6	0,028	0,073	1546,17	18,56	0,029	0,073
1545,89	1546,151	18,6	0,029	0,073	1546,173	18,57	0,029	0,073
1545,9	1546,152	18,59	0,028	0,073	1546,172	18,57	0,029	0,073
1545,91	1546,154	18,59	0,028	0,073	1546,172	18,57	0,029	0,073
1545,92	1546,154	18,59	0,028	0,073	1546,173	18,57	0,029	0,073
1545,93	1546,155	18,59	0,028	0,073	1546,174	18,56	0,029	0,073
1545,94	1546,154	18,59	0,028	0,073	1546,174	18,56	0,029	0,073
1545,95	1546,153	18,6	0,028	0,073	1546,173	18,56	0,029	0,073
1545,96	1546,154	18,59	0,028	0,073	1546,174	18,57	0,029	0,073
1545,97	1546,155	18,58	0,028	0,073	1546,174	18,57	0,029	0,073
1545,98	1546,156	18,58	0,028	0,073	1546,173	18,57	0,029	0,073
1545,99	1546,156	18,57	0,028	0,073	1546,174	18,57	0,029	0,073
1546	1546,158	18,58	0,028	0,073	1546,174	18,57	0,029	0,073
1546,1	1546,158	18,58	0,028	0,073	1546,174	18,57	0,029	0,073
1546,2	1546,157	18,58	0,028	0,074	1546,174	18,57	0,029	0,073
1546,3	1546,157	18,58	0,028	0,073	1546,174	18,57	0,029	0,073
1546,4	1546,158	18,58	0,028	0,073	1546,174	18,56	0,029	0,073
1546,5	1546,158	18,57	0,028	0,073	1546,175	18,58	0,029	0,073

Tabuľka A.4: *Namerane hodnoty DFB laseru s nastaveným prúdom 30mA*

I=30mA, DFB(I)LD								
	P=1mW				P=0,5mW			
Rozsah(nm)	λ (nm)	P(dBm)	BW 3dB(nm)	BW 20dB(nm)	λ (nm)	P(dBm)	BW 3dB(nm)	BW 20dB(nm)
1545	1546,323	16,44	0,029	0,072	1546,328	16,47	0,029	0,073
1545,1	1546,326	16,44	0,029	0,073	1546,331	16,48	0,028	0,073
1545,2	1546,327	16,44	0,029	0,073	1546,332	16,47	0,029	0,073
1545,3	1546,327	16,46	0,029	0,073	1546,336	16,48	0,029	0,073
1545,4	1546,326	16,46	0,029	0,073	1546,338	16,48	0,029	0,073
1545,5	1546,325	16,47	0,029	0,073	1546,339	16,49	0,028	0,073
1545,6	1546,325	16,47	0,029	0,073	1546,339	16,47	0,029	0,073
1545,7	1546,325	16,46	0,029	0,073	1546,341	16,49	0,028	0,073
1545,8	1546,324	16,46	0,029	0,073	1546,343	16,48	0,029	0,073
1545,81	1546,325	16,46	0,029	0,073	1546,344	16,49	0,028	0,073
1545,82	1546,323	16,47	0,029	0,073	1546,344	16,49	0,028	0,073
1545,83	1546,323	16,47	0,029	0,073	1546,343	16,49	0,028	0,073
1545,84	1546,322	16,47	0,029	0,072	1546,344	16,48	0,028	0,073
1545,85	1546,323	16,47	0,029	0,073	1546,345	16,49	0,028	0,073
1545,86	1546,324	16,47	0,029	0,073	1546,346	16,49	0,028	0,073
1545,87	1546,325	16,46	0,029	0,073	1546,345	16,49	0,028	0,073
1545,88	1546,326	16,47	0,029	0,073	1546,346	16,49	0,028	0,073
1545,89	1546,325	16,46	0,029	0,073	1546,348	16,48	0,028	0,073
1545,9	1546,324	16,46	0,029	0,073	1546,348	16,49	0,028	0,073
1545,91	1546,323	16,47	0,029	0,072	1546,35	16,48	0,028	0,073
1545,92	1546,324	16,47	0,029	0,073	1546,351	16,49	0,029	0,073
1545,93	1546,326	16,46	0,029	0,073	1546,351	16,49	0,028	0,073
1545,94	1546,324	16,47	0,029	0,073	1546,349	16,49	0,028	0,073
1545,95	1546,323	16,47	0,029	0,073	1546,351	16,5	0,028	0,073
1545,96	1536,32	16,47	0,029	0,073	1546,352	16,5	0,028	0,073
1545,97	1546,317	16,48	0,028	0,073	1546,352	16,49	0,028	0,073
1545,98	1546,319	16,49	0,029	0,073	1546,353	16,49	0,029	0,073
1545,99	1546,321	16,49	0,028	0,073	1546,353	16,5	0,028	0,073
1546	1546,325	16,47	0,028	0,073	1546,353	16,49	0,028	0,073
1546,1	1546,325	16,47	0,029	0,073	1546,352	16,49	0,028	0,073
1546,2	1546,326	16,46	0,029	0,073	1546,353	16,49	0,028	0,073
1546,3	1546,326	16,47	0,029	0,073	1546,354	16,5	0,028	0,073
1546,4	1546,325	16,48	0,029	0,073	1546,355	16,5	0,028	0,073
1546,5	1546,325	16,47	0,029	0,073	1546,357	16,5	0,028	0,073

Príloha B: *Namerané hodnoty F-P laseru*

Tabuľka B.1: *Namerané hodnoty pri nastavenej vlnovej dĺžke 1533,49nm*

		Nastavený Marker						
Prúd 50mA		A	B	C	D	E	F	G
0dBm	λ [nm]	1533,49	1529,75	1531,08	1533,83	1534,85		
	P[dBm]	-17,02	-31,82	-25,79	-28,19	-27,79		
	Δ [nm]		3,738	2,408	0,34	1,358		
	Θ [dBm]		-14,8	-8,77	-11,17	-10,77		
3dBm	λ [nm]	1533,49	1529,75	1531,08	1533,83	1534,85		
	P[dBm]	-16,93	-33,37	-28,44	-17,18	-28,34		
	Δ [nm]		3,738	2,408	0,34	1,358		
	Θ [dBm]		-16,44	-11,5	-0,25	-11,4		
6dBm	λ [nm]	1533,49	1530,09	1531,48	1532,84	1534,2	1535,21	1535,55
	P[dBm]	-20,45	-31,71	-34,62	-32,35	-14,57	-31,92	-23,98
	Δ [nm]		3,398	2,01	0,652	0,708	1,726	2,066
	Θ [dBm]		-11,25	-14,16	-11,9	5,88	-11,47	-3,52

Tabuľka B.2: *Namerané hodnoty pri nastavenej vlnovej dĺžke 1534,2nm*

		Nastavený Marker							
Prúd 50mA		A	B	C	D	E	F	G	H
0dBm	λ [nm]	1534,2	1531,11	1532,47	1533,83	1534,85	1535,21	1535,87	
	P[dBm]	-20,63	-25,69	-18,26	-19,76	-27,81	-28,93	-36,09	
	Δ [nm]		3,086	1,728	0,368	0,65	1,018	1,67	
	Θ [dBm]		-5,06	2,37	0,87	-7,18	-8,31	-15,46	
3dBm	λ [nm]	1534,2	1530,12	1531,45	1532,47	1534,87	1535,21	1536,57	
	P[dBm]	-16,97	-31,16	-19,26	-29,01	-39,29	-29,39	-38,11	
	Δ [nm]		4,079	2,748	1,728	0,678	1,018	2,378	
	Θ [dBm]		-16,97	-2,29	-12,04	-22,31	-12,42	-21,14	
6dBm	λ [nm]	1534,2	1528,73	1530,12	1531,45	1532,84	1535,21	1535,55	1536,57
	P[dBm]	-14,54	-35,05	-33,21	-23,33	-30,89	-32,8	-36,98	-38,31
	Δ [nm]		5,467	4,079	2,748	1,36	1,018	1,358	2,378
	Θ [dBm]		-20,51	-18,68	-8,79	-16,36	-18,27	-22,44	-23,77

Tabuľka B.3: *Namerané hodnoty pri nastavenej vlnovej dĺžke 1535,55nm*

		Nastavený Marker								
Prúd 50mA		A	B	C	D	E	F	G	H	I
0dBm	λ[nm]	1535,55	1531,14	1531,45	1532,84	1533,86	1536,23	1536,6		
	P[dBm]	-14,35	-38,02	-31,62	-35,78	-39,02	-40,68	-45,94		
	Δ[nm]		4,417	4,107	2,718	1,698	0,68	1,048		
	Θ[dBm]		-23,68	-17,28	-21,43	-24,67	-26,33	-31,59		
3dBm	λ[nm]	1535,55	1530,09	1531,11	1531,45	1532,84	1533,86	1534,08	1535,41	1536,57
	P[dBm]	-14,15	-24,46	-31,17	-25,67	-30,43	-37,24	-38,12	-39,87	-38,23
	Δ[nm]		5,465	4,445	4,107	2,718	1,698	1,474	0,141	1,02
	Θ[dBm]		-15,32	-17,02	-11,52	-16,28	-23,09	-23,97	-25,72	-24,08
6dBm	λ[nm]	1535,55	1531,48	1532,84	1534,2	1536,57				
	P[dBm]	-13,84	-30,28	-25,61	-29,45	-38,78				
	Δ[nm]		4,077	2,718	1,358	1,02				
	Θ[dBm]		-16,43	-11,77	-15,6	-24,94				

Tabuľka B.4: *Namerané hodnoty pri nastavenej vlnovej dĺžke 1536,94nm*

		Nastavený Marker							
Prúd 50mA		A	B	C	D	E	F	G	H
0dBm	λ[nm]	1536,94	1531,48	1532,84	1524	1534,2	1535,55	1537,96	
	P[dBm]	-19,36	-31,09	-19,36	-57,86	-15,32	-30,18	-46,42	
	Δ[nm]		5,465	4,107	12,942	-2,746	1,388	1,02	
	Θ[dBm]		-11,74	0	-18,04	4,04	-10,82	-27,06	
3dBm	λ[nm]	1536,94	1530,46	1531,48	1531,79	1532,84	1534,2	1535,58	1538,33
	P[dBm]	-20,04	-27,08	-36,32	-20,04	-29,33	-14,66	-30,62	-53,61
	Δ[nm]		6,485	5,465	5,155	4,107	2,746	1,36	1,388
	Θ[dBm]		-7,05	-16,29	0	-9,29	5,38	-10,58	-33,57
6dBm	λ[nm]	1536,94	1530,46	1531,82	1533,18	1534,56	1535,58	1525,92	1538,3
	P[dBm]	-18,86	-29,88	-22,48	-14,76	-26,77	-38,63	-37,96	-43,14
	Δ[nm]		6,485	5,127	3,766	2,378	1,36	1,02	1,36
	Θ[dBm]		-11,02	-3,62	4,1	-7,91	-19,77	-19,1	-24,28

Tabuľka B.5: *Namerané hodnoty pri nastavenej vlnovej dĺžke 1531,17nm*

		Nastavený Marker								
Prúd 60mA		A	B	C	D	E	F	G	H	I
0dBm	λ [nm]	1531,17	1530,83	1531,51	1532,52	1533,88	1535,27			
	P[dBm]	-14,72	-32,57	-21	-25,15	-19,94	-32,47			
	Δ [nm]		0,34	0,34	1,358	2,718	4,107			
	Θ [dBm]		-17,85	-6,28	-10,43	-5,22	-17,75			
3dBm	λ [nm]	1531,17	1530,15	1530,83	1531,53	1532,52	1532,89	1533,91	1535,27	1536,63
	P[dBm]	-14,32	-33,79	-33,59	-23,68	-25,36	-24,28	-23,72	-25,56	-32,47
	Δ [nm]		1,02	0,34	0,368	1,358	1,726	2,746	4,107	5,465
	Θ [dBm]		-19,47	-19,27	-9,36	-11,04	-9,96	-9,4	-11,24	-18,15
6dBm	λ [nm]	1531,17	1530,17	1531,53	1532,52	1532,89	1533,88	1534,22	1535,27	1536,66
	P[dBm]	-16,95	-36,9	-24,14	-27,15	-20,15	-21,34	-26,83	-18,95	-30,88
	Δ [nm]		0,992	0,368	1,358	1,726	2,718	3,058	4,107	5,493
	Θ [dBm]		-19,95	-7,19	-10,2	-3,21	-4,39	-9,89	-2	-13,93

Tabuľka B.6: *Namerané hodnoty pri nastavenej vlnovej dĺžke 1532,52nm*

		Nastavený Marker								
Prúd 60mA		A	B	C	D	E	F	G	H	I
0dBm	λ [nm]	1532,52	1530,83	1531,82	1533,18	1534,54	1535,92	1537,28	1538,67	
	P[dBm]	-24,24	-43,12	-29,51	-18,66	-15,31	-14,69	-27,58	-43,26	
	Δ [nm]		1,698	0,708	0,652	2,012	3,398	4,759	6,147	
	Θ [dBm]		-18,88	-5,27	5,59	8,93	9,55	-3,33	-19,01	
3dBm	λ [nm]	1532,52	1530,43	1531,82	1533,18	1534,54	1535,89	1537,28		
	P[dBm]	-29,36	-34,07	-25,06	-18,16	-13,01	-15,7	-31,8		
	Δ [nm]		2,094	0,708	0,652	2,012	3,37	4,759		
	Θ [dBm]		-4,7	4,31	11,21	16,36	13,67	-2,43		
6dBm	λ [nm]	1532,52	1530,8	1532,16	1533,18	1533,52	1534,56	1534,9	1535,89	1537,31
	P[dBm]	-27,15	-22,72	-18,55	-30,33	-13,58	-30,64	-22,65	-21,16	-42,58
	Δ [nm]		1,726	0,368	0,652	0,992	2,04	2,38	3,37	4,787
	Θ [dBm]		4,43	8,6	-3,18	13,57	-3,49	4,51	5,99	-15,42

Tabuľka B.7: *Namerané hodnoty pri nastavenej vlnovej dĺžke 1533,54nm*

		Nastavený Marker									
Prúd 60mA		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
0dBm	λ [nm]	1533,54	1531,14	1532,16	1533,2	1533,88	1534,22	1534,56	1534,9	1535,24	
	P[dBm]	-14,29	-32,86	-32,5	-33,36	-24,91	-31,62	-29,94	-19,56	-33,97	
	Δ [nm]		2,406	1,388	0,34	-0,34	0,68	1,02	1,36	1,7	
	Θ [dBm]		-18,58	-18,22	-19,07	-10,63	-17,33	-15,65	-5,27	-19,69	
3dBm	λ [nm]	1533,54	1529,81	1531,17	1532,16	1532,52	1533,2	1533,88	1534,9	1535,27	1536,29
	P[dBm]	-14,37	-32,96	-27,47	-32,29	-28,44	-34,32	-21,42	-15,74	-36,29	-29,74
	Δ [nm]		3,738	2,378	1,388	1,02	0,34	0,34	1,36	1,728	2,746
	Θ [dBm]		-18,59	-13,1	-17,92	-14,06	-19,95	-7,05	-1,36	-21,29	-15,37
6dBm	λ [nm]	1533,54	1529,44	1530,8	1532,16	1534,54	1534,9	1535,92	1536,26		
	P[dBm]	-17,45	-33,08	-21,6	-16,49	-21,79	-23,33	-22,16	-33,33		
	Δ [nm]		4,107	2,746	1,388	0,992	1,36	2,378	2,718		
	Θ [dBm]		-15,62	-4,14	0,96	-4,34	-4,88	-4,71	-15,87		

Tabuľka B.8: *Namerané hodnoty pri nastavenej vlnovej dĺžke 1534,2nm*

		Nastavený Marker						
Prúd 60mA		A	B	C	D	E	F	G
0dBm	λ [nm]	1534,2	1530,09	1531,45	1532,81	1535,19	1535,55	1536,57
	P[dBm]	-18,17	-25,68	-18,27	-15,01	-26,01	-32,08	-35,09
	Δ [nm]		4,107	2,748	1,388	0,99	1,358	2,378
	Θ [dBm]		-7,51	-0,11	3,14	-7,84	-13,91	-16,92
3dBm	λ [nm]	1534,2	1530,09	1531,45	1532,81	1535,21	1535,55	1536,57
	P[dBm]	-18,85	-26,5	-19,25	-13,88	-29,95	-31,09	-34,85
	Δ [nm]		4,107	2,748	1,388	1,018	1,358	2,378
	Θ [dBm]		-7,65	-0,41	4,96	-11,1	-12,25	-16
6dBm	λ [nm]	1534,2	1530,09	1531,45	1532,81	1535,21	1535,55	1536,57
	P[dBm]	-18,29	-26,49	-18,2	-15,17	-32,74	-25,56	-35,34
	Δ [nm]		4,107	2,748	1,388	1,018	1,358	2,378
	Θ [dBm]		-8,2	0,09	3,12	-14,45	-7,27	-17,05

Tabuľka B.9: *Namerané hodnoty pri nastavenej vlnovej dĺžke 1535,54nm*

		Nastavený Marker									
Prúd 60mA		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
0dBm	λ [nm]	1535,54	1530,09	1531,45	1532,81	1533,83	1534,2	1535,19	1536,57	1537,96	
	P[dBm]	-19,51	-21,9	-15,96	-19,93	-15,09	-35,65	-24,64	-32,6	-51,95	
	Δ [nm]		5,465	4,107	2,746	1,726	1,358	0,368	1,02	2,408	
	Θ [dBm]		-2,39	3,55	-0,43	4,42	-16,15	-5,14	-13,09	-32,44	
3dBm	λ [nm]	1535,55	1531,11	1532,47	1533,83	1535,21	1536,57	1537,93			
	P[dBm]	-27,29	-33,07	-22,42	-14,71	-25,62	-29,44	-40,5			
	Δ [nm]		4,445	3,086	1,726	0,34	1,02	2,38			
	Θ [dBm]		-4,78	-4,86	12,57	1,67	-2,15	-13,01			
6dBm	λ [nm]	1535,55	1529,38	1530,74	1531,76	1532,1	1533,12	1533,46	1534,45	1535,87	1537,23
	P[dBm]	-37,82	-32,2	-19,08	-36,94	-16,82	-23,95	-23,33	-17,04	-28,77	-40
	Δ [nm]		6,173	4,815	3,794	3,454	2,434	2,094	1,076	0,312	1,672
	Θ [dBm]		5,62	18,74	0,88	21	13,87	14,49	23,78	9,05	-2,18

Tabuľka B.10: *Namerané hodnoty pri nastavenej vlnovej dĺžke 1534,21nm*

		Nastavený Marker								
Prúd 60mA		A	B	C	D	E	F	G	H	I
0dBm	λ [nm]	1536,21	1529,38	1530,74	1532,07	1533,46	1534,48	1534,82	1535,87	1537,23
	P[dBm]	-22,41	-29,14	-19,96	-19,62	-13,6	-21,69	-24,56	-35,5	-40,53
	Δ [nm]		6,825	5,467	4,135	2,746	1,728	1,388	0,34	1,02
	Θ [dBm]		-6,73	2,45	2,79	8,81	0,72	-2,15	-13,08	-18,12
3dBm	λ [nm]	1536,21	1530,74	1532,1	1533,46	1534,82	1537,56			
	P[dBm]	-19,11	-26,13	-19,47	-12,88	-15,92	-39,25			
	Δ [nm]		5,467	4,107	2,746	1,388	1,358			
	Θ [dBm]		-7,02	-0,36	6,23	3,19	-20,14			
6dBm	λ [nm]	1536,21	1530,74	1532,1	1533,46	1534,85	1537,56			
	P[dBm]	-16,37	-30,32	-22,62	-16,73	-18,36	-16,37			
	Δ [nm]		5,467	4,107	2,746	1,36	1,358			
	Θ [dBm]		-13,95	-6,25	-0,35	-1,98	0			

Tabuľka B.11: *Namerané hodnoty pri nastavenej vlnovej dĺžke 1537,56nm*

		Nastavený Marker							
Prúd 60mA		A	B	C	D	E	F	G	H
0dBm	λ [nm]	1537,56	1530,74	1532,13	1533,46	1534,85	1536,21	1538,95	
	P[dBm]	-15,16	-28,63	-32,94	-15,09	-20,14	-30	-43,34	
	Δ [nm]		6,825	5,437	4,105	2,718	1,358	1,388	
	Θ [dBm]		-13,46	-17,78	0,08	-4,97	-14,83	28,18	
3dBm	λ [nm]	1536,56	1529,72	1531,11	1532,47	1533,49	1533,83	1534,82	1537,23
	P[dBm]	-17,41	-26,95	-24,69	-20,15	-17,41	-23,44	-18,47	-41,01
	Δ [nm]		7,843	6,455	5,097	4,077	3,736	2,746	1,33
	Θ [dBm]		-9,54	-7,28	-2,73	0	-6,02	-1,06	-23,6
6dBm	λ [nm]	1536,56	1531,11	1532,47	1533,83	1535,19	1536,21	1537,56	1538,95
	P[dBm]	-23,01	-32,8	-23,25	-12,44	-15,95	-35,8	-24,05	-44,05
	Δ [nm]		5,445	4,097	2,737	1,379	0,358	1	2,388
	Θ [dBm]		-9,79	-0,24	10,56	7,05	-12,8	-1,04	-21,04

Tabuľka B.12: *Namerané hodnoty pri nastavenej vlnovej dĺžke 1529,81nm*

		Nastavený Marker								
Prúd 70mA		A	B	C	D	E	F	G	H	I
0dBm	λ [nm]	1529,81	1528,42	1529,44	1530,83	1531,17	1532,5	1533,88	1534,9	1535,24
	P[dBm]	-15,54	-32,96	-31,94	-30,34	-23,44	-20,72	-16,05	-27,55	-26,26
	Δ [nm]		1,386	0,368	1,02	1,36	2,69	4,079	5,099	5,439
	Θ [dBm]		-17,43	-16,4	-14,81	-7,9	-5,18	-0,52	-12,02	-10,7
3dBm	λ [nm]	1529,81	1528,45	1530,15	1531,17	1532,52	1533,88	1535,24	1536,63	1538,02
	P[dBm]	-16,16	-37	-23,65	-26,58	-21,12	-15,76	-14,01	-19,47	-40,91
	Δ [nm]		1,358	0,34	1,36	2,718	4,079	5,439	6,825	8,213
	Θ [dBm]		-20,84	-7,48	-10,42	-4,96	0,4	2,15	-3,3	-24,75
6dBm	λ [nm]	1529,81	1530,15	1531,51	1532,89	1534,25	1535,27	1535,61	1536,63	1538,02
	P[dBm]	-19,52	-27,19	-19,73	-23,97	-19,72	-23,1	-25,85	-15,91	-37,03
	Δ [nm]		0,34	1,7	3,086	4,447	5,467	5,807	6,825	8,213
	Θ [dBm]		-7,66	-0,21	-4,44	-0,19	-3,57	-6,32	3,61	-17,51

Tabuľka B.13: *Namerané hodnoty pri nastavenej vlnovej dĺžke 1532,89nm*

		Nastavený Marker						
Prúd 70mA		A	B	C	D	E	F	G
0dBm	λ [nm]	1532,89	1530,15	1531,51	1534,25	1535,64	1537	1538,36
	P[dBm]	-22,15	-32,51	-24,65	16,31	-27,82	-26,4	-34,88
	Δ [nm]		2,746	1,386	1,36	2,748	4,107	5,467
	Θ [dBm]		-10,36	-2,5	5,84	-5,67	-4,25	-12,73
3dBm	λ [nm]	1532,89	1530,51	1531,51	1534,25	1535,61	1537	1538,36
	P[dBm]	-24,41	-36,75	-31,71	-19,22	-10,39	-21,33	-34,77
	Δ [nm]		2,378	1,386	1,36	2,72	4,107	5,467
	Θ [dBm]		-12,34	-7,3	5,19	14,02	3,08	-10,36
6dBm	λ [nm]	1532,89	1530,15	1531,51	1534,25	1535,61	1537	1538,36
	P[dBm]	-25,28	-35,82	-24,89	-21,53	-10,13	-24,59	-37,91
	Δ [nm]		2,746	1,386	1,36	2,72	4,107	5,467
	Θ [dBm]		-10,54	0,39	3,75	15,15	0,7	-12,63

Tabuľka B.14: *Namerané hodnoty pri nastavenej vlnovej dĺžke 1534,25nm*

		Nastavený Marker							
Prúd 70mA		A	B	C	D	E	F	G	H
0dBm	λ [nm]	1534,25	1530,15	1531,51	1532,86	1533,88	1535,27	1536,63	1538,02
	P[dBm]	-20,98	-24,28	-17,71	-22,16	-24,52	-23,13	-12,62	-35,15
	Δ [nm]		4,107	2,746	1,388	0,368	1,02	2,378	3,766
	Θ [dBm]		-3,31	3,27	-1,18	-3,54	-2,15	8,36	-14,18
3dBm	λ [nm]	1534,25	1530,15	1531,53	1532,52	1533,91	1535,24	1536,63	1537,99
	P[dBm]	-28,48	-22,12	-37,32	-26,2	-35,81	-19,21	-11,41	-24,55
	Δ [nm]		4,107	2,718	1,728	0,34	0,992	2,378	3,738
	Θ [dBm]		6,36	-8,84	-2,28	-7,33	9,27	17,07	3,93
6dBm	λ [nm]	1534,25	1530,15	1531,51	1532,52	1533,88	1535,24	1536,66	1537,99
	P[dBm]	-31,4	-20,73	-19,44	-29,05	-24,33	-20,64	-32,49	-24,75
	Δ [nm]		4,107	2,746	1,728	0,368	0,992	2,406	3,738
	Θ [dBm]		10,67	11,96	2,35	7,07	10,76	-1,09	6,65

Tabuľka B.15: *Namerané hodnoty pri nastavenej vlnovej dĺžke 1535,27nm*

		Nastavený Marker									
Prúd 70mA		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
0dBm	λ [nm]	1535,27	1530,15	1531,17	1532,52	1533,88	1536,6	1537,99			
	P[dBm]	-18,81	-22,89	-25,73	-20,43	-17,17	-25,52	-34,76			
	Δ [nm]		5,127	4,107	2,748	1,388	1,33	2,718			
	Θ [dBm]		-4,08	-6,92	-1,62	1,64	-3,71	-15,95			
3dBm	λ [nm]	1535,27	1530,15	1531,51	1532,52	1532,86	1533,88	1534,08	1534,23	1536,63	1538,02
	P[dBm]	-18,55	-21,87	-17,66	-26,75	-18,26	-22,93	-21,01	-21,16	-16,08	-36,82
	Δ [nm]		5,127	3,766	2,748	2,408	1,388	1,191	1,048	1,358	2,746
	Θ [dBm]		-3,33	0,89	-8,2	0,28	-4,39	-2,46	-2,62	2,47	-18,27
6dBm	λ [nm]	1535,27	1531,53	1532,86	1534,25	1535,61	1536,66	1537			
	P[dBm]	-24,32	-40,63	-23,64	-22,01	-10,44	-41,56	-23,77			
	Δ [nm]		3,738	2,408	1,02	0,34	1,386	1,726			
	Θ [dBm]		-16,31	0,68	2,32	13,89	-17,24	0,55			

Tabuľka B.16: *Namerané hodnoty pri nastavenej vlnovej dĺžke 1537nm*

		Nastavený Marker							
Prúd 70mA		A	B	C	D	E	F	G	H
0dBm	λ [nm]	1537	1530,17	1531,51	1532,86	1534,25	1535,61		
	P[dBm]	-19,21	-37,28	-22,83	-20,05	-15,1	-20,22		
	Δ [nm]		6,825	5,493	4,135	2,746	1,386		
	Θ [dBm]		-18,07	-3,61	-0,83	4,11	-1		
3dBm	λ [nm]	1537	1530,51	1531,87	1532,86	1533,23	1534,25	1535,61	
	P[dBm]	-16,59	-23,59	-23,08	-23,5	-27,26	-16,35	-19,54	
	Δ [nm]		6,485	5,125	4,135	3,766	2,746	1,386	
	Θ [dBm]		-6,99	-6,49	-6,9	-10,66	0,25	-2,94	
6dBm	λ [nm]	1537	1530,51	1531,87	1533,23	1534,59	1535,64	1535,98	1538,36
	P[dBm]	-15,64	-27,27	-18,95	-15,2	-14,25	-36,34	-28,71	-30,59
	Δ [nm]		6,485	5,125	3,766	2,406	1,358	1,018	1,36
	Θ [dBm]		-11,63	-3,31	0,44	1,39	-20,7	-13,07	-14,96

Tabuľka B.17: *Namerané hodnoty pri nastavenej vlnovej dĺžke 1538,73nm*

		Nastavený Marker							
Prúd 70mA		A	B	C	D	E	F	G	H
0dBm	λ [nm]	1538,73	1530,51	1531,87	1533,23	1534,59	1535,98	1537,37	
	P[dBm]	-16,37	-27,83	-24,22	-19,41	-12	-22,53	-43,94	
	Δ [nm]		8,213	6,853	5,495	4,135	2,746	1,36	
	Θ [dBm]		-11,46	-7,85	-3,04	4,37	-6,16	-27,57	
3dBm	λ [nm]	1538,73	1530,85	1532,21	1533,23	1534,59	1535,98	1537,37	
	P[dBm]	-15,7	-18,11	-24,86	-20,04	-14,06	-17,44	-37,08	
	Δ [nm]		7,873	6,513	5,495	4,135	2,746	1,36	
	Θ [dBm]		-2,4	-9,15	-4,33	1,64	-1,73	-21,38	
6dBm	λ [nm]	1538,73	1530,88	1532,24	1533,6	1534,62	1534,96	1535,98	1537,37
	P[dBm]	-15,73	-29,12	-24,05	-16,99	-25,87	-19,44	-20,55	-34,95
	Δ [nm]		7,845	6,485	5,127	4,107	3,766	2,746	1,36
	Θ [dBm]		-13,4	-8,32	-1,27	-10,14	-3,72	-4,83	-19,23

Tabuľka B.18: *Namerané hodnoty pri nastavenej vlnovej dĺžke 1530,22nm*

		Nastavený Marker								
Prúd 80mA		A	B	C	D	E	F	G	H	I
0dBm	λ [nm]	1530,22	1528,86	1531,59	1532,92	1533,94	1534,31	1535,33	1536,71	1538,08
	P[dBm]	-18,63	-34,05	-23,95	-16,07	-19,76	-27,1	-17,33	-27,29	-35,03
	Δ [nm]		1,362	1,364	2,702	3,719	4,089	5,105	6,493	7,855
	Θ [dBm]		-15,42	-5,32	2,56	-0,93	-8,47	1,3	-8,66	-16,4
3dBm	λ [nm]	1530,22	1528,86	1531,21	1532,58	1533,94	1535,33	1536,69	1538,05	
	P[dBm]	-24,68	-38,21	-29,03	-20,45	-14,9	-17,9	-12,75	-25,56	
	Δ [nm]		1,362	0,992	2,354	3,719	5,105	6,469	7,831	
	Θ [dBm]		-13,52	-4,35	4,23	9,78	6,79	11,93	-0,87	
6dBm	λ [nm]	1530,22	1531,21	1532,58	1533,94	1535,3	1536,69	1538,05		
	P[dBm]	-30,11	-30,89	-20,06	-14,37	-9,79	-15,08	-29,54		
	Δ [nm]		0,992	2,354	3,719	5,081	6,469	7,831		
	Θ [dBm]		-0,78	10,05	15,74	20,32	15,03	0,57		

Tabuľka B.19: *Namerané hodnoty pri nastavenej vlnovej dĺžke 1531,21nm*

		Nastavený Marker								
Prúd 80mA		A	B	C	D	E	F	G	H	I
0dBm	λ [nm]	1531,21	1528,49	1529,82	1532,58	1533,91	1534,95	1535,3		
	P[dBm]	-12,46	-30,79	-31,53	-16,92	-18,19	-23,62	-15,29		
	Δ [nm]		2,726	1,388	1,362	2,7	3,741	4,089		
	Θ [dBm]		-18,33	-19,07	-4,46	-5,74	-11,17	-2,83		
3dBm	λ [nm]	1531,21	1529,87	1532,58	1533,91	1534,95	1535,3	1536,32	1537,7	
	P[dBm]	-14,86	-37,14	-17,37	-17,91	-24,63	-13,25	-19,27	-27,78	
	Δ [nm]		1,338	1,362	2,7	3,741	4,089	5,105	6,491	
	Θ [dBm]		-14,86	-17,37	-3,05	-9,78	1,6	-4,41	-12,92	
6dBm	λ [nm]	1531,21	1530,54	1531,59	1532,95	1534,31	1535,3	1535,67	1536,69	1538,08
	P[dBm]	-23,52	-29,61	-27,71	-19,41	-15,83	-17,74	-20,04	-17,75	-35,34
	Δ [nm]		0,67	0,372	1,734	3,096	4,089	4,461	5,477	6,863
	Θ [dBm]		-6,09	-4,18	4,12	7,7	5,78	3,49	5,77	-11,82

Tabuľka B.20: *Namerané hodnoty pri nastavenej vlnovej dĺžke 1532,95nm*

		Nastavený Marker								
Prúd 80mA		A	B	C	D	E	F	G	H	I
0dBm	λ [nm]	1532,95	1531,59	1534,31	1535,67	1537,06	1538,42			
	P[dBm]	-16,14	-27,85	-16,19	-12,98	-21,88	-31,28			
	Δ [nm]		1,362	1,362	2,726	4,113	5,477			
	Θ [dBm]		-11,71	-0,05	3,16	-5,74	-15,14			
3dBm	λ [nm]	1532,95	1531,93	1533,29	1534,66	1535,67	1536,02	1537,06	1537,41	1538,42
	P[dBm]	-17,78	-25,06	-16,5	-12,57	-19,24	-15,77	-19,55	-32,45	-26,57
	Δ [nm]		1,016	0,346	1,71	2,726	3,072	4,113	4,461	5,447
	Θ [dBm]		-7,28	1,27	5,21	-1,46	2,01	-1,77	-14,67	-8,79
6dBm	λ [nm]	1532,95	1531,93	1533,29	1534,68	1536,04	1537,41	1538,77		
	P[dBm]	-21,5	-30,3	-20,9	-26,89	-13,85	-15,7	-32,67		
	Δ [nm]		1,016	0,346	1,734	3,096	4,461	5,823		
	Θ [dBm]		-8,8	0,6	-5,39	7,65	5,8	-11,17		

Tabuľka B.21: *Namerané hodnoty pri nastavenej vlnovej dĺžke 1534,68nm*

		Nastavený Marker							
Prúd 80mA		A	B	C	D	E	F	G	H
0dBm	λ [nm]	1534,68	1531,93	1534,68	1534,68	1535,7	1536,04	1537,06	1537,41
	P[dBm]	-20,52	-20,37	-15,91	-20,52	-26,94	-17,36	-20,69	-24,75
	Δ [nm]		2,75	1,388	0,346	1,016	1,362	2,378	2,726
	Θ [dBm]		0,15	4,61	0	-6,41	3,16	-0,17	-4,23
3dBm	λ [nm]	1534,68	1530,57	1531,93	1533,29	1534,34	1535,67	1537,04	1538,42
	P[dBm]	-27,08	28,05	-19,21	-16,47	-42,37	-14,96	-10,99	-17,24
	Δ [nm]		4,113	2,75	1,388	0,346	0,992	2,354	3,743
	Θ [dBm]		-0,96	7,87	10,62	-15,29	12,12	16,1	9,84
6dBm	λ [nm]	1534,68	1530,57	1531,93	1533,29	1534,31	1535,67	1537,06	1538,42
	P[dBm]	-30,36	-25,15	-17,27	-18,91	-25,55	-15,67	-16,28	-18,18
	Δ [nm]		4,113	2,75	1,388	0,372	0,992	2,378	3,743
	Θ [dBm]		5,21	13,09	11,45	4,8	14,68	14,07	12,18

Tabuľka B.22: *Namerané hodnoty pri nastavenej vlnovej dĺžke 1535,67nm*

		Nastavený Marker							
Prúd 80mA		A	B	C	D	E	F	G	H
0dBm	λ [nm]	1535,67	1531,21	1531,45	1532,6	1533,94	1536,34	1536,69	1537,7
	P[dBm]	-13,14	-22,04	-23,16	-26,25	-24,79	-23,26	-25,21	-26,24
	Δ [nm]		4,461	4,22	3,072	1,734	0,668	1,016	2,03
	Θ [dBm]		-8,9	-10,02	-13,11	-11,65	-10,12	-12,07	-13,1
3dBm	λ [nm]	1535,67	1531,56	1532,58	1533,96	1535,33	1536,69	1537,73	
	P[dBm]	-15,98	-17,62	-21,17	-27,69	-29,26	-12,06	-34,83	
	Δ [nm]		4,115	3,098	1,71	0,348	1,016	2,056	
	Θ [dBm]		-1,64	-5,19	-11,71	-13,28	3,92	-18,86	
6dBm	λ [nm]	1535,67	1531,56	1532,92	1533,96	1534,31	1535,33	1536,71	1538,08
	P[dBm]	-14,18	-18,09	-17,24	-28,36	-26,67	-29,03	-23,71	-30,15
	Δ [nm]		4,115	2,75	1,71	1,364	0,348	1,04	2,402
	Θ [dBm]		-3,92	-3,06	-14,19	-12,5	-14,86	-9,64	-15,98

Tabuľka B.23: *Namerané hodnoty pri nastavenej vlnovej dĺžke 1537,04nm*

		Nastavený Marker							
Prúd 80mA		A	B	C	D	E	F	G	H
0dBm	λ [nm]	1537,04	1531,56	1532,6	1532,95	1533,96			
	P[dBm]	-11,87	-22,02	-25,61	-28,34	-22,45			
	Δ [nm]		5,477	4,435	4,089	3,072			
	Θ [dBm]		-10,15	-13,74	-16,47	-10,58			
3dBm	λ [nm]	1537,04	1531,21	1531,56	1532,58	1533,94	1535,33	1536,69	
	P[dBm]	-13,52	-22,52	-20,32	-19,83	-15,14	-22,73	-25,35	
	Δ [nm]		5,823	5,477	4,461	3,096	1,71	0,346	
	Θ [dBm]		-9	-6,8	-6,31	-1,62	-9,21	-11,83	
6dBm	λ [nm]	1537,04	1531,59	1532,6	1532,92	1533,96	1535,33	1536,69	1538,05
	P[dBm]	-15,39	-25,8	-30,02	-19,67	-22,64	-17,83	-19,7	-26,39
	Δ [nm]		5,451	4,435	4,113	3,072	1,71	0,346	1,016
	Θ [dBm]		-10,41	-14,63	-4,28	-7,25	-2,33	-4,31	11

Tabuľka B.24: *Namerané hodnoty pri nastavenej vlnovej dĺžke 1538,08nm*

		Nastavený Marker								
Prúd 80mA		A	B	C	D	E	F	G	H	I
0dBm	λ [nm]	1538,08	1531,21	1532,58	1533,94	1535,33	1536,69	1539,44		
	P[dBm]	-24,33	-26,52	-19,74	-14,76	-17,74	-13,77	-38,67		
	Δ [nm]		6,863	5,501	4,137	2,75	1,386	1,364		
	Θ [dBm]		-2,19	4,59	9,57	6,59	10,56	-14,33		
3dBm	λ [nm]	1538,08	1531,24	1532,58	1533,94	1535,3	1536,69	1539,44		
	P[dBm]	-27,71	-36,53	-19,48	-14,58	-10,79	-14,21	-40,83		
	Δ [nm]		6,839	5,501	4,137	2,775	1,387	1,364		
	Θ [dBm]		-8,82	8,23	13,13	16,92	13,5	-13,12		
6dBm	λ [nm]	1538,08	1531,56	1532,95	1533,96	1534,29	1535,33	1535,65	1536,69	1539,44
	P[dBm]	-27,09	-20,54	-19,83	-30,2	-16,04	-16,26	-24,63	-14,35	-41,24
	Δ [nm]		6,517	5,129	4,113	3,791	2,751	2,429	1,387	1,364
	Θ [dBm]		6,55	7,26	-3,11	11,05	10,83	2,46	12,74	-14,15

Tabuľka B.25: *Namerané hodnoty pri nastavenej vlnovej dĺžke 1530,92nm*

		Nastavený Marker							
Prúd 90mA		A	B	C	D	E	F	G	H
0dBm	λ [nm]	1530,92	1532,28	1533,67	1535	1536,39	1537,75		
	P[dBm]	-11,8	-19,25	-24,57	-11,5	-17,83	-28,46		
	Δ [nm]		1,364	2,75	4,089	5,477	6,839		
	Θ [dBm]		-7,47	-12,77	0,3	-6,03	-16,66		
3dBm	λ [nm]	1530,92	1531,31	1532,28	1533,67	1535,03	1536,39	1537,78	1539,14
	P[dBm]	-15,33	-56,48	-22,97	-25,21	-21,23	-11,35	-28,49	-33,06
	Δ [nm]		0,396	1,364	2,75	4,115	5,477	6,865	8,227
	Θ [dBm]		-41,15	-7,63	-9,88	-5,9	3,98	-13,15	-17,73
6dBm	λ [nm]	1530,92	1529,92	1531,29	1532,65	1534,01	1535,37	1536,74	1538,13
	P[dBm]	-24,19	-35,77	-28,92	-20,23	-14,75	-12,85	-13,54	-31,95
	Δ [nm]		0,99	0,372	1,734	3,098	4,461	5,823	7,211
	Θ [dBm]		-11,59	-4,74	3,95	9,43	11,34	10,65	-7,77

Tabuľka B.26: *Namerané hodnoty pri nastavenej vlnovej dĺžke 1532,65nm*

		Nastavený Marker							
Prúd 90mA		A	B	C	D	E	F	G	H
0dBm	λ [nm]	1532,65	1531,26	1532,3	1533,67	1535,03	1536,37	1537,75	1539,14
	P[dBm]	-22,64	-22,27	-34,95	-24,92	-20,3	-12,85	-12,63	-29,48
	Δ [nm]		1,386	0,346	1,016	2,38	3,719	5,105	6,493
	Θ [dBm]		0,38	-12,31	-2,28	2,34	9,79	10,02	-6,84
3dBm	λ [nm]	1532,65	1531,29	1534,01	1535,03	1535,38	1536,39	1536,74	1537,75
	P[dBm]	-18,29	-26,8	-16,05	-24,73	-14,83	-17,05	-18,07	-20,56
	Δ [nm]		1,362	1,364	2,38	2,726	3,743	4,089	5,105
	Θ [dBm]		-8,51	2,23	-6,45	3,45	1,23	0,22	-2,28
6dBm	λ [nm]	1532,65	1531,29	1534,01	1535,38	1536,74	1538,13		
	P[dBm]	-20,21	-29,28	-15,94	-12,26	-11,42	-27,99		
	Δ [nm]		1,362	1,364	2,726	4,089	5,477		
	Θ [dBm]		-9,08	15,94	7,95	8,79	-7,79		

Tabuľka B.27: *Namerané hodnoty pri nastavenej vlnovej dĺžke 1534,01nm*

		Nastavený Marker								
Prúd 90mA		A	B	C	D	E	F	G	H	I
0dBm	λ [nm]	1534,01	1532,65	1533,64	1535,03	1535,38	1536,37	1537,78		
	P[dBm]	-13,31	-28,1	-23,7	-20,72	-20,02	-20,93	-30,28		
	Δ [nm]		1,364	0,372	1,016	1,362	2,354	3,767		
	Θ [dBm]		-14,78	-10,39	-7,41	-6,71	-7,61	-16,97		
3dBm	λ [nm]	1534,01	1530,25	1531,29	1532,63	1534,7	1535,37	1536,39	1536,74	1538,13
	P[dBm]	-13,26	-31,94	-28,25	-20,84	-23,81	-13,8	-21	-16,09	-30,81
	Δ [nm]		4,24	2,726	1,388	0,69	1,362	2,378	2,724	4,113
	Θ [dBm]		-18,68	-14,99	-7,58	-10,55	-0,54	-7,74	-2,83	-17,55
6dBm	λ [nm]	1534,01	1531,29	1532,65	1535,35	1536,74	1538,13	1539,49		
	P[dBm]	-14,04	-28,55	-23,65	-16,5	-10,24	-19,64	-29,97		
	Δ [nm]		2,726	1,364	1,338	2,724	4,113	5,475		
	Θ [dBm]		-14,51	-9,61	-2,47	3,79	-5,61	-15,93		

Tabuľka B.28: *Namerané hodnoty pri nastavenej vlnovej dĺžke 1535,38nm*

		Nastavený Marker							
Prúd 90mA		A	B	C	D	E	F	G	H
0dBm	λ [nm]	1535,38	1532,3	1532,65	1534,01	1535	1536,04	1536,39	1536,74
	P[dBm]	-9,73	-34,43	-35,39	-30,64	-27,37	-23,34	-20,55	-21,53
	Δ [nm]		3,072	2,726	1,362	0,372	0,668	1,016	1,362
	Θ [dBm]		-24,7	-25,66	-20,91	-17,64	-13,61	-10,82	-11,8
3dBm	λ [nm]	1535,38	1533	1534,01	1534,36	1535,72	1536,79	1537,11	1538,13
	P[dBm]	-12,29	-24,97	-26,04	-21	-12,95	-33,39	-18,43	-19,86
	Δ [nm]		2,378	1,362	1,016	0,346	1,412	1,734	2,75
	Θ [dBm]		-12,69	-13,75	-8,72	-0,66	-21,11	-6,14	-7,58
6dBm	λ [nm]	1535,38	1531,98	1533,02	1534,36	1535,75	1537,11	1538,47	1539,86
	P[dBm]	-21,1	-29,01	-43,71	-20,93	-19,41	-11,06	-11,64	-31,89
	Δ [nm]		3,394	2,354	1,016	0,372	1,734	3,096	4,485
	Θ [dBm]		-7,92	-22,61	0,17	1,69	10,03	9,45	-10,79

Tabuľka B.29: *Namerané hodnoty pri nastavenej vlnovej dĺžke 1536,12nm*

		Nastavený Marker								
Prúd 90mA		A	B	C	D	E	F	G	H	I
0dBm	λ [nm]	1536,12	1532,01	1533	1533,34	1534,39	1535,75	1537,14	1538,5	1539,86
	P[dBm]	-26,14	-35,24	-31,03	-33,85	-29,06	-18,96	-28,6	-17,95	-30,47
	Δ [nm]		4,115	3,122	2,776	1,734	0,372	1,016	2,378	3,741
	Θ [dBm]		-9,1	-4,9	-7,71	-2,92	7,17	-2,47	8,19	-4,34
3dBm	λ [nm]	1536,12	1529,92	1531,29	1532,65	1534,01	1535,38	1536,74	1538,13	
	P[dBm]	-33,08	-37,34	-31,88	-20,91	-14,92	-12,81	-13,01	-31,57	
	Δ [nm]		6,195	4,833	3,47	2,106	0,744	0,618	2,006	
	Θ [dBm]		-4,27	3,2	12,17	18,16	20,27	20,07	1,51	
6dBm	λ [nm]	1536,12	1530,92	1531,93	1532,28	1533,29	1534,66	1536,04	1537,41	1538,77
	P[dBm]	-38,51	-18,71	-28,12	-28,39	-19,08	-16,63	-21,29	-14,94	-22,2
	Δ [nm]		5,205	4,189	3,841	2,826	1,462	0,076	1,288	2,65
	Θ [dBm]		19,8	10,4	10,12	19,44	21,88	17,22	23,57	16,32

Tabuľka B.30: *Namerané hodnoty pri nastavenej vlnovej dĺžke 1537,01nm*

		Nastavený Marker								
Prúd 90mA		A	B	C	D	E	F	G	H	I
0dBm	λ [nm]	1537,01	1531,21	1532,58	1533,94	1535,3	1537,7			
	P[dBm]	-13,1	-19,1	-17,12	-15,31	-19,52	-26,5			
	Δ [nm]		5,799	4,437	3,072	1,71	0,692			
	Θ [dBm]		-5,99	-4,02	-2,21	-6,42	13,4			
3dBm	λ [nm]	1537,01	1531,21	1532,23	1535,58	1533,59	1533,94	1534,95	1535,3	1537,7
	P[dBm]	-16,03	-22,11	-23,34	-19,62	-19,91	-16,17	-19,06	-15,3	-25,06
	Δ [nm]		5,799	4,783	4,437	3,42	3,072	2,058	1,71	0,692
	Θ [dBm]		-6,08	-7,31	-3,59	-3,88	-0,14	-3,02	0,73	-9,03
6dBm	λ [nm]	1537,01	1531,21	1532,23	1532,55	1533,59	1533,91	1535,3	1536,69	1537,7
	P[dBm]	-18,61	-23,42	-26	-18,09	-22,82	-16,77	-12,89	-25,1	-26,54
	Δ [nm]		5,799	4,783	4,461	3,42	3,098	1,71	0,322	0,692
	Θ [dBm]		-4,81	-7,4	0,52	-4,21	1,84	5,71	-6,49	-7,93

Tabuľka B.31: *Namerané hodnoty pri nastavenej vlnovej dĺžke 1539,07nm*

		Nastavený Marker									
Prúd 90mA		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
0dBm	λ [nm]	1539,07	1531,21	1532,58	1533,91	1535,3	1536,69	1537,7	1540,45		
	P[dBm]	-13,03	-23,35	-18,98	-16,55	-12,32	-24,6	-28,48	-35,76		
	Δ [nm]		7,855	6,493	5,155	3,767	2,378	1,364	1,386		
	Θ [dBm]		-10,32	-5,95	-3,52	0,71	-11,57	-15,45	-22,73		
3dBm	λ [nm]	1539,07	1530,2	1531,56	1532,92	1533,96	1535,33	1536,69	1538,05		
	P[dBm]	-18,35	-27,79	-16,75	-21,41	-35,78	-25,71	-13,95	-13,48		
	Δ [nm]		8,871	7,509	6,145	5,105	3,743	2,378	1,016		
	Θ [dBm]		-9,43	1,61	-3,06	-17,42	-7,36	4,41	4,87		
6dBm	λ [nm]	1539,07	1531,56	1532,58	1532,92	1533,94	1535,3	1536,66	1538,05	1539,44	1536,39
	P[dBm]	-20,5	-23,68	-34,81	-31,88	-21,94	-14,56	-10,19	-12,62	-35,99	-15,5
	Δ [nm]		7,509	6,493	6,145	5,129	3,767	2,404	1,016	0,372	4,461
	Θ [dBm]		-3,18	-14,3	-11,37	-1,43	5,94	10,31	7,88	-15,49	4,55

Tabuľka B.32: *Namerané hodnoty pri nastavenej vlnovej dĺžke 1531,93nm*

		Nastavený Marker									
Prúd 100mA		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
0dBm	λ [nm]	1531,93	1530,54	1532,92	1533,27	1534,31	1534,63	1535,65	1536,02	1537,04	1538,42
	P[dBm]	-20,06	-23,57	-22,78	-14,83	-26,66	-13,71	-17,17	-17,53	-15,37	-29,19
	Δ [nm]		1,388	0,992	1,338	2,378	2,7	3,717	4,089	5,105	6,493
	Θ [dBm]		-3,51	-2,72	5,23	-6,6	6,35	2,89	2,53	4,69	-9,13
3dBm	λ [nm]	1531,93	1532,28	1533,62	1535	1536,37	1537,41	1537,73	1538,8		
	P[dBm]	-17,38	-20,36	-16,84	-12,29	-11,95	-22,42	-23,67	-38,4		
	Δ [nm]		0,348	1,684	3,072	4,437	5,477	5,799	6,865		
	Θ [dBm]		-2,98	0,53	5,08	5,43	-5,04	-6,3	-21,03		
6dBm	λ [nm]	1531,93	1531,26	1532,65	1533,64	1533,99	1535	1535,35	1537,75	1539,12	1540,5
	P[dBm]	-21,66	-22,93	-31,87	-23,73	-14,52	-16,61	-20,86	-11,43	-17,77	-32,88
	Δ [nm]		0,668	0,718	1,71	2,056	3,072	3,42	5,823	7,187	8,573
	Θ [dBm]		-1,28	-10,22	-2,08	7,14	5,04	-0,79	10,22	3,89	-11,23

Tabuľka B.33: *Namerané hodnoty pri nastavenej vlnovej dĺžke 1532,63nm*

		Nastavený Marker							
Prúd 100mA		A	B	C	D	E	F	G	H
0dBm	λ [nm]	1532,63	1529,9	1531,29	1532,28	1533,64	1534,01	1535	1535,35
	P[dBm]	-8,92	-30,65	-32,03	-27,44	-23,01	-22,57	-20,4	-18,61
	Δ [nm]		2,726	1,338	0,346	1,016	1,388	2,378	2,726
	Θ [dBm]		-21,73	-23,1	-18,52	-14,08	-13,65	-11,47	-9,69
3dBm	λ [nm]	1532,63	1531,26	1533,64	1533,99	1535,03	1536,39	1537,75	
	P[dBm]	-10,53	-25,06	-20,65	-19,49	-27,95	-20,06	-22,89	
	Δ [nm]		1,362	1,016	1,362	2,404	3,767	5,129	
	Θ [dBm]		-14,52	-10,12	-8,96	-17,42	-9,53	-12,36	
6dBm	λ [nm]	1532,63	1531,26	1533,62	1534,98	1536,39	1537,75	1539,14	
	P[dBm]	-14,23	-24,02	-21,91	-18,24	-17,52	-15,29	-35,38	
	Δ [nm]		1,362	0,99	2,354	3,767	5,129	6,517	
	Θ [dBm]		-9,79	-7,68	-4,01	-3,29	-1,06	-21,15	

Tabuľka B.34: *Namerané hodnoty pri nastavenej vlnovej dĺžke 1534,01nm*

		Nastavený Marker								
Prúd 100mA		A	B	C	D	E	F	G	H	I
0dBm	λ [nm]	1534,01	1531,26	1532,65	1533,64	1535,03	1535,35	1536,39	1537,75	1539,14
	P[dBm]	-20,33	-21,12	-28,54	-21,7	-24,86	-18,81	-17,17	-14,36	-29,75
	Δ [nm]		2,75	1,364	0,372	1,016	1,338	2,378	3,741	5,129
	Θ [dBm]		-0,79	-8,21	-1,37	-4,53	1,52	3,16	5,97	9,42
3dBm	λ [nm]	1534,01	1530,17	1531,63	1533	1534,01	1535,38	1536,74	1538,1	1539,49
	P[dBm]	-16,59	-25,01	-27,11	-29,38	-16,59	-17,81	-11,79	-13,94	-26,43
	Δ [nm]		3,84	2,38	1,016	0,346	1,362	2,724	4,089	5,475
	Θ [dBm]		-8,42	-10,52	-12,79	0	-1,22	4,8	2,64	-9,85
6dBm	λ [nm]	1534,01	1531,63	1533	1534,01	1535,38	1535,72	1536,76	1537,11	1538,13
	P[dBm]	-20,19	-23,59	-21,73	-20,19	-19,18	-20,2	-23	-33,43	-17,88
	Δ [nm]		2,38	1,016	0,346	1,362	1,708	2,75	3,096	4,113
	Θ [dBm]		-3,4	-1,54	0	1,01	-0,01	-2,81	-13,24	2,31

Tabuľka B.35: *Namerané hodnoty pri nastavenej vlnovej dĺžke 1535,72nm*

		Nastavený Marker										
Prúd 100mA		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
0dBm	λ [nm]	1535,72	1531,29	1532,63	1533,92	1534,43	1534,81	1535,46	1536,42	1536,74	1537,78	1538,13
	P[dBm]	-10,03	-29,04	-24,43	-27	-27,23	-27,72	-26,519	-28,29	-30,07	-24,75	-24,59
	Δ [nm]		4,435	3,096	1,64	1,291	0,911	0,261	0,694	1,016	2,058	2,404
	Θ [dBm]		-19,01	-14,4	-16,07	-17,2	-17,69	-16,489	-18,26	-20,04	-14,72	-14,56
3dBm	λ [nm]	1535,72	1531,63	1532,63	1532,97	1536,74	1537,78	1538,13				
	P[dBm]	-11,32	-26,24	-21,16	-23,07	-13,93	-25,06	-20,74				
	Δ [nm]		4,088	3,096	2,75	1,016	2,058	2,404				
	Θ [dBm]		-14,95	-9,84	-11,75	-2,61	-13,74	-9,42				
6dBm	λ [nm]	1535,72	1532,63	1533,99	1535,38	1536,74	1538,13	1539,49				
	P[dBm]	-21,3	-21,64	-16,26	-18,98	-9,79	-20,61	-29,39				
	Δ [nm]		3,096	1,734	0,346	1,016	2,404	3,767				
	Θ [dBm]		-0,34	5,03	2,32	11,51	0,69	-8,1				

Tabuľka B.36: *Namerané hodnoty pri nastavenej vlnovej dĺžke 1538,47nm*

		Nastavený Marker							
Prúd 100mA		A	B	C	D	E	F	G	H
0dBm	λ [nm]	1538,47	1531,98	1533,34	1534,36	1535,75	1537,11	1539,86	
	P[dBm]	-9,72	-19,33	-20,53	-17,52	-27,49	-22,78	-31,86	
	Δ [nm]		6,491	5,129	4,113	2,724	1,362	1,388	
	Θ [dBm]		-9,61	-10,81	-7,8	-17,76	-13,06	-22,14	
3dBm	λ [nm]	1538,47	1531,96	1533,34	1534,34	1535,75	1537,11	1539,86	
	P[dBm]	-10,15	-18,96	-20,2	-20,18	-25,9	-18,77	-29,98	
	Δ [nm]		6,515	5,129	4,137	2,724	1,362	1,388	
	Θ [dBm]		-8,81	-10,05	-10,03	-15,75	-8,62	-19,82	
6dBm	λ [nm]	1538,47	1531,98	1533	1533,34	1534,36	1535,72	1537,11	1539,84
	P[dBm]	-10,3	-19,21	-25,14	-22,56	-18,13	-14,66	-16,99	-24,66
	Δ [nm]		6,491	5,475	5,129	4,113	2,75	1,362	1,364
	Θ [dBm]		-8,91	-14,84	-12,26	-7,83	-4,36	-6,69	-14,36

Tabuľka B.37: *Namerané hodnoty pri nastavenej vlnovej dĺžke 1540,23nm*

		Nastavený Marker									
Prúd 100mA		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
0dBm	λ[nm]	1540,23	1531,31	1532,33	1533,69	1534,76	1535,08	1536,09	1536,44	1537,46	1538,84
	P[dBm]	-31,17	-24,99	-17,7	-11,69	-50,17	-16,14	-14,77	-19,87	-12,63	-23,85
	Δ[nm]		8,921	7,905	6,541	5,477	5,155	4,139	3,791	2,774	1,388
	Θ[dBm]		6,18	13,47	19,48	-19	15,02	16,4	11,3	18,54	7,32
3dBm	λ[nm]	1540,23	1530,99	1531,98	1532,33	1533,34	1534,71	1536,09	1537,46	1538,82	
	P[dBm]	-34,65	-34,8	-26,98	-29,22	-19,25	-13,97	-13,65	-9,67	-15,43	
	Δ[nm]		9,243	8,251	7,905	6,889	5,525	4,139	2,774	1,412	
	Θ[dBm]		-0,15	7,68	5,43	15,4	20,68	21	24,99	19,22	
6dBm	λ[nm]	1540,23	1530,99	1532,33	1533,72	1535,08	1536,44	1537,48	1537,83	1538,84	1539,19
	P[dBm]	-33,93	-30,08	-18,03	-17,68	-14,17	-10,53	-28,5	-23,99	-25,03	-31,16
	Δ[nm]		9,243	7,905	6,517	5,155	3,791	2,75	2,404	1,388	1,04
	Θ[dBm]		3,85	15,9	16,25	19,76	23,4	5,43	9,94	8,9	2,32

Tabuľka B.38: *Namerané hodnoty pri nastavenej vlnovej dĺžke 1532,41nm*

		Nastavený Marker										
Prúd 110mA		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
0dBm	λ[nm]	1532,41	1532,78	1533,8	1534,14	1535,13	1535,5	1536,54	1536,88	1537,85	1539,26	
	P[dBm]	-11,96	-26,49	-29,94	-21,72	-18,71	-16,37	-31,68	-30,21	-27,84	-27,21	
	Δ[nm]		0,368	1,388	1,728	2,718	3,086	4,135	4,475	5,437	6,853	
	Θ[dBm]		-14,53	-17,98	-9,76	-6,75	-4,41	-19,72	-18,25	-15,88	-15,26	
3dBm	λ[nm]	1532,41	1531,76	1533,12	1534,14	1534,48	1535,5	1535,84	1536,88	1538,27	1539,63	1541,02
	P[dBm]	-17,46	-26,72	-18,89	-25,65	-18,86	-17,16	-23,79	-21,12	-30,77	-17,71	-40,79
	Δ[nm]		0,652	0,708	1,728	2,068	3,086	3,426	4,475	5,863	7,221	8,609
	Θ[dBm]		-9,26	-1,43	-8,19	-1,4	0,3	-6,33	-3,67	-13,31	-0,25	-23,33
6dBm	λ[nm]	1532,41	1531,76	1532,41	1534,14	1534,48	1535,5	1535,86	1536,88	1538,24	1539,63	1540,99
	P[dBm]	-20,58	-24	-20,58	-25,44	-20,42	-17,13	-34,82	-20,75	-11,38	-17,21	-25,95
	Δ[nm]		0,652	0,708	1,728	2,068	3,086	3,454	4,475	5,835	7,221	8,581
	Θ[dBm]		-3,42	0	-4,87	0,16	3,45	-14,25	-0,17	9,2	3,36	-5,38

Tabuľka B.39: *Namerané hodnoty pri nastavenej vlnovej dĺžke 1537,17nm*

		Nastavený Marker								
Prúd 110mA		A	B	C	D	E	F	G	H	I
0dBm	λ [nm]	1537,17	1532,04	1533,03	1534,42	1535,78	1536,83	1537,17	1538,55	1539,91
	P[dBm]	-12	-22,99	-23,07	-19,8	-17,9	-28,79	-12	-20,14	-23,63
	Δ [nm]		5,127	4,135	2,748	1,388	0,34	1,018	1,386	2,746
	Θ [dBm]		-10,99	-11,07	-7,8	-5,91	-16,79	0	-8,14	-11,64
3dBm	λ [nm]	1537,17	1532,01	1533,43	1534,45	1534,76	1535,78	1536,15	1538,55	1539,91
	P[dBm]	-11,59	-24,94	-29,06	-34,81	-17,39	-18,2	-24,48	-17,32	-19,67
	Δ [nm]		5,155	3,738	2,72	2,408	1,388	1,02	1,386	2,746
	Θ [dBm]		-13,34	-17,46	-23,22	-5,8	-6,61	-12,89	-5,72	-8,07
6dBm	λ [nm]	1537,17	1531,02	1532,07	1532,41	1533,4	1534,76	1536,15	1537,51	1538,89
	P[dBm]	-20,37	-25,38	-37,86	-33,9	-17,5	-14,74	-13,26	-9	-13,8
	Δ [nm]		6,147	5,099	4,759	3,766	2,408	1,02	0,338	1,726
	Θ [dBm]		-5	-17,48	-13,53	2,87	5,64	7,11	11,38	6,57

Tabuľka B.40: *Namerané hodnoty pri nastavenej vlnovej dĺžke 1528,93nm*

		Nastavený Marker												
Prúd 70mA		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
0dBm	λ [nm]	1528,93	1528,67	1530,03	1531,39	1532,75	1534,11	1535,13	1535,47	1536,49	1536,86			
	P[dBm]	-29,46	-45,09	-32,59	-23,91	-16,93	-14,43	-33,7	-28,37	-34,76	-45,18			
	Δ [nm]		0,254	1,106	2,464	3,824	5,183	6,203	6,543	7,561	7,931			
	Θ [dBm]		-29,46	-3,13	5,54	12,53	15,03	-4,24	1,09	-5,31	-15,72			
3dBm	λ [nm]	1528,93	1528,39	1528,7	1529,72	1530,06	1531,08	1532,44	1533,46	1533,83	1534,82	1535,19	1536,21	1537,59
	P[dBm]	-34,88	-56,47	-39,04	-30,27	-33,43	-17,27	-14,74	-26,38	-30,11	-11,98	-32,44	-16,94	-46,67
	Δ [nm]		0,538	0,226	0,794	1,134	2,152	3,512	4,533	4,901	5,891	6,259	7,279	8,667
	Θ [dBm]		-21,59	-4,16	4,62	1,45	17,62	20,15	8,5	4,77	22,9	2,44	17,95	-11,79
6dBm	λ [nm]	1528,93	1528,08	1529,1	1529,44	1530,43	1530,8	1531,79	1533,18	1534,2	1534,54	1535,55	1536,91	1538,3
	P[dBm]	-39,6	-45,42	-47,27	-39,1	-25,16	-35,53	-17,32	-17,99	-31,13	-19,92	-14,1	-17,83	-37,57
	Δ [nm]		0,848	0,17	0,51	1,502	1,87	2,86	4,249	5,269	5,609	6,627	7,987	9,375
	Θ [dBm]		-5,82	-7,67	0,5	14,45	-4,08	22,29	21,61	8,47	19,68	25,5	21,78	2,04

Tabuľka B.41: *Namerané hodnoty pri nastavenej vlnovej dĺžke 1534,14nm*

		Nastavený Marker												
Prúd 110mA		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
0dBm	λ [nm]	1534,14	1532,78	1533,77	1534,82	1535,13	1536,52	1537,9	1538,92	1539,26				
	P[dBm]	-18,43	-32	-22,26	-32,8	-16,45	-15,81	-22,72	-27,96	-18,51				
	Δ [nm]		1,36	0,368	0,678	0,99	2,378	3,766	4,785	5,125				
	Θ [dBm]		-13,57	-3,83	-14,37	1,98	2,62	-4,29	-9,53	-0,08				
3dBm	λ [nm]	1534,14	1530,34	1530,68	1531,67	1533,06	1534,42	1535,44	1535,78	1536,8	1537,17	1538,19	1539,55	1540,93
	P[dBm]	-32,75	-39,26	-34,28	-18,96	-23,56	-15,89	-23,9	-15,99	-13,01	-27,6	-14,72	-13,37	-30,48
	Δ [nm]		3,794	3,456	2,464	1,076	0,282	1,302	1,642	2,662	3,03	4,049	5,409	6,797
	Θ [dBm]		-6,5	-1,53	13,79	9,19	16,87	8,85	16,76	19,75	5,16	18,03	19,38	2,27
6dBm	λ [nm]	1534,14	1530,68	1531,02	1532,04	1533,43	1534,79	1536,15	1537,51	1538,89	1540,28			
	P[dBm]	-32,83	-32,6	-32,91	-24,33	-26,79	-18,42	-12,3	-9,02	-12,88	-29,94			
	Δ [nm]		3,456	3,116	2,096	0,708	0,65	2,01	3,368	4,757	6,145			
	Θ [dBm]		0,23	-0,08	8,5	6,04	14,41	20,53	23,82	19,95	2,9			

Tabuľka B.42: *Namerané hodnoty pri nastavenej vlnovej dĺžke 1535,78nm*

		Nastavený Marker												
Prúd 110mA		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
0dBm	λ [nm]	1535,78	1531,33	1531,67	1532,72	1533,03	1534,42	1535,44	1536,83	1537,17	1538,21	1539,21		
	P[dBm]	-8,73	-26,31	-27,18	-34,83	-26,75	-23,99	-25,11	-25,3	-21,63	-34,56	-27,13		
	Δ [nm]		4,447	4,107	3,058	2,746	1,36	0,396	1,048	1,388	2,434	3,426		
	Θ [dBm]		-17,58	-18,45	-26,1	-18,02	-15,26	-4,05	-16,57	-12,9	-25,83	-18,39		
3dBm	λ [nm]	1535,78	1531,67	1532,69	1533,06	1534,08	1534,42	1535,44	1536,78	1537,17	1537,82	1538,16	1539,55	1540,93
	P[dBm]	-14,93	-17,19	-25,8	-26,66	-32,31	-23,46	-24,79	-12,55	-34,43	-22,95	-11,85	-16,38	-33,86
	Δ [nm]		4,107	3,086	2,718	1,7	1,36	0,34	1,02	1,388	2,038	2,378	3,766	5,155
	Θ [dBm]		-2,26	-10,87	-11,73	-17,39	-8,54	-9,87	-2,38	-19,51	-8,02	-3,07	-1,46	-18,94
6dBm	λ [nm]	1535,78	1531,67	1533,06	1534,08	1534,42	1535,44	1536,83	1537,14	1538,19	1539,55	1540,93		
	P[dBm]	-15,75	-17,33	-23,82	-32,91	-19,42	-24,07	-28,35	-22,74	-15,89	-15,68	-32,82		
	Δ [nm]		4,107	2,718	1,7	1,36	0,34	1,048	1,358	2,406	3,766	5,155		
	Θ [dBm]		-1,58	-8,07	-17,16	-3,67	-8,31	-12,6	-6,99	-0,13	0,07	-17,07		

Tabuľka B.43: *Namerané hodnoty pri nastavenej vlnovej dĺžke 1536,8nm s prúdom 110mA*

		Nastavený Marker												
Prúd 110mA		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
0dBm	λ [nm]	1536,8	1531,33	1532,69	1533,71	1534,05	1535,1	1535,44	1536,43	1537,82	1538,19	1538,84	1539,21	1540,59
	P[dBm]	-13,49	-23,99	-19,79	-21,6	-16,24	-31,7	-25,04	-20,76	-14,23	-29,9	-21,99	-23,47	-42,3
	Δ [nm]		5,467	4,107	3,088	2,748	1,7	1,36	0,37	1,018	1,386	2,038	2,406	3,794
	Θ [dBm]		-10,5	-6,3	-8,11	-2,75	-18,21	-11,55	-7,27	-0,74	-16,41	-8,5	-9,98	-28,81
3dBm	λ [nm]	1536,8	1530,96	1532,33	1533,71	1534,7	1535,07	1536,09	1536,43	1537,45	1537,82	1538,87	1540,23	
	P[dBm]	-32,67	-21,19	-16,5	-21,04	-21,76	-20,02	-19,34	-22,48	-10,51	-35,53	-36,67	-35,58	
	Δ [nm]		5,835	4,475	3,088	2,096	1,728	0,708	0,37	0,65	1,018	2,066	3,426	
	Θ [dBm]		11,48	16,17	11,63	10,92	12,65	13,33	10,2	22,16	-2,86	-4	-2,91	
6dBm	λ [nm]	1536,8	1530,34	1531,67	1532,72	1533,06	1534,05	1534,42	1535,44	1538,19	1539,55	1540,93		
	P[dBm]	-10,45	-35,13	-15,67	-39,05	-27,91	-18,89	-27,67	-18,83	-14,69	-15,97	-32,07		
	Δ [nm]		6,457	5,127	4,079	3,738	2,748	2,38	1,36	1,386	2,747	4,135		
	Θ [dBm]		-24,68	-5,23	-28,6	-17,47	-8,44	-17,22	-8,38	-4,24	-5,52	-21,62		

Príloha C: *Namerané hodnoty LED diódy*

Tabuľka C.1: *Namerané hodnoty LED diódy s nastaveným prúdom 50mA*

I=50mA, LED										
	P=1mW				P=0,5mW			P=0,25mW		
Rozsah(nm)	λ (nm)	Pc(dBm)	Pd(dBm)	Θ [dBm]	Pc(dBm)	Pd(dBm)	Θ [dBm]	Pc(dBm)	Pd(dBm)	Θ [dBm]
1510	1510,265	-51,04	-64,5	-13,46	-54,13	-63,88	-9,75	-56,77	-63,38	-6,61
1515	1515,045	-50,03	-62,59	-12,56	-53,04	-62,42	-9,38	-56,64	-62,75	-6,11
1520	1520,089	-51,04	-61,58	-10,54	-54,53	-61,09	-6,56	-56,77	-61,09	-4,32
1530	1530,177	-51,04	-58,97	-7,93	-54,53	-58,71	-4,18	-55,57	-58,85	-3,28
1540	1540,266	-50,42	-56,42	-6	-52,4	-56,82	-4,42	-54,19	-56,95	-2,76
1550	1550,354	-50,42	-55,64	-5,22	-51,24	-55,7	-4,46	-52,6	-55,5	-2,9
1560	1560,442	-48,87	-55,19	-6,32	-50,6	-54,98	-4,38	-52,24	-54,96	-2,72
1570	1569,998	-48,41	-55,07	-6,66	-50,87	-55,14	-4,27	-54,14	-55,42	-1,28
1580	1580,087	-47,38	-56,38	-9	-49,73	-56,19	-6,46	-52,42	-56,26	-3,84
1590	1590,179	-46,67	-58,28	-11,61	-49,73	-58,35	-8,62	-50,79	-58,4	-7,61
1595	1595,487	-46,67	-59,47	-12,8	-49,19	-58,89	-9,7	-51,14	-59,8	-8,66
1600	1600,267	-46,67	-59,47	-12,8	-50,22	-61,26	-11,04	-52,87	-61,36	-8,49
1605	1603,451	-47,77	-61,92	-14,15	-48,67	-62,72	-14,05	-51,05	-62,76	-11,71
1610	1610,335	-47,47	-64,57	-17,1	-50,22	-64,49	-14,27	-53,75	-64,37	-10,62

Tabuľka C.2: *Namerané hodnoty LED diódy s nastaveným prúdom 60mA*

I=60mA, LED										
	P=1mW				P=0,5mW			P=0,25mW		
Rozsah(nm)	λ(nm)	Pc(dBm)	Pd(dBm)	Θ[dBm]	Pc(dBm)	Pd(dBm)	Θ[dBm]	Pc(dBm)	Pd(dBm)	Θ[dBm]
1510	1510,265	-51,06	-60,85	-9,79	-52,7	-61,5	-8,8	-56,16	-61,54	-5,38
1515	1515,045	-49,79	-59,88	-10,09	-53,13	-60,19	-7,06	-55,98	-60,98	-5
1520	1520,353	-50,61	-58,97	-8,36	-53,13	-59,05	-5,92	-55,49	-59,02	-3,53
1530	1530,441	-51,04	-56,71	-5,67	-52,96	-56,83	-3,87	-54,48	-56,83	-2,35
1540	1540,266	-49,22	-54,93	-5,71	-51,04	-55,12	-4,08	-52,53	-55,12	-2,59
1550	1550,09	-49,22	-54,93	-5,71	-49,41	-53,79	-4,38	-52,53	-53,88	-1,35
1560	1560,442	-49,41	-53,41	-4	-50,98	-53,65	-2,67	-52,04	-53,28	-1,24
1570	1570,266	-47,01	-53,46	-6,45	-48,77	-53,64	-4,87	-49,79	-53,41	-3,62
1580	1580,355	-46,27	-54,61	-8,34	-48,38	-54,61	-6,23	-49,79	-54,7	-4,91
1590	1590,179	-48,03	-56,4	-8,37	-49,6	-56,64	-7,04	-52,53	-56,67	-4,14
1595	1595,487	-46,88	-58,07	-11,19	-50,12	-58,21	-8,09	-53,02	-57,9	-4,88
1600	1600,267	-47,13	-59,48	-12,35	-50,42	-59,49	-9,07	-52,4	-59,48	-7,08
1605	1605,311	-43,93	-61,17	-17,24	-49,68	-60,92	-11,24	-54,57	-61,12	-6,55
1610	1610,087	-46,47	-62,75	-16,28	-48,22	-62,87	-14,65	-50,61	-63,06	-12,45

Tabuľka C.3: *Namerané hodnoty LED diódy s nastaveným prúdom 70mA*

I=70mA, LED										
	P=1mW				P=0,5mW			P=0,25mW		
Rozsah(nm)	λ(nm)	Pc(dBm)	Pd(dBm)	Θ[dBm]	Pc(dBm)	Pd(dBm)	Θ[dBm]	Pc(dBm)	Pd(dBm)	Θ[dBm]
1510	1510,001	-50,78	-59,31	-8,53	-53,22	-60,12	-6,9	-55,33	-60,04	-4,71
1515	1515,045	-50,98	-58,76	-7,78	-53,67	-59,18	-5,51	-55,21	-58,78	-3,57
1520	1520,089	-51,93	-57,05	-5,12	-53,81	-57,68	-3,87	-55,12	-57,71	-2,59
1530	1530,177	-49,61	-55,37	-5,76	-50,93	-55,71	-4,78	-52,01	-55,46	-3,45
1540	1540,266	-47,41	-53,69	-6,28	-50,22	-53,94	-3,72	-51,58	-53,7	-2,12
1550	1550,09	-47,77	-52,44	-4,67	-50,22	-52,87	-2,65	-50,78	-52,6	-1,82
1560	1560,178	-48,05	-51,96	-3,91	-48,88	-52,14	-3,26	-50,24	-52,23	-1,99
1570	1570,266	-47,58	-52,25	-4,67	-49,6	-52,32	-2,72	-50,58	-52,35	-1,77
1580	1580,355	-45,01	-53,02	-8,01	-47,41	-53,31	-5,9	-49,61	-53,33	-3,72
1590	1590,179	-49,6	-55,23	-5,63	-51,36	-55,33	-3,97	-53,05	-55,29	-2,24
1595	1595,487	48,3	57,34	-9,04	-51,02	-56,54	-5,52	-53	-57,2	-4,2
1600	1600,267	49,12	59,2	-10,08	-50,6	-58,22	-7,62	-52,36	-58,05	-5,69
1605	1605,311	-49,6	-59,6	-10	-50,6	-59,49	-8,89	-53,05	-59,78	-6,73
1610	1610,335	-45,13	-61,26	-16,13	-50,42	-61,55	-11,13	-54,6	-61,5	-6,9

Tabuľka C.4: *Namerané hodnoty LED diódy s nastaveným prúdom 80mA*

I=80mA, LED										
	P=1mW				P=0,5mW			P=0,25mW		
Rozsah(nm)	λ(nm)	Pc(dBm)	Pd(dBm)	Θ[dBm]	Pc(dBm)	Pd(dBm)	Θ[dBm]	Pc(dBm)	Pd(dBm)	Θ[dBm]
1510	1510,001	-50,58	-58,54	-7,96	-53,49	-59,37	-5,88	-55,67	-59,37	-3,7
1515	1515,045	-50,48	-57,02	-6,54	-52	-58,2	-6,2	-55,12	-57,12	-2
1520	1519,821	-50,53	-56,23	-5,7	-52,65	-57,02	-4,37	-54,16	-56,85	-2,69
1530	1530,177	-48,05	-54,74	-6,69	-51,13	-54,83	-3,7	-52,54	-54,83	-2,29
1540	1540,002	-49,75	-53,12	-3,37	-51,13	-53,12	-1,99	-51,72	-53,19	-1,47
1550	1550,354	-48,98	-52,33	-3,35	-50,36	-52,08	-1,72	-51,06	-52,21	-1,15
1560	1560,178	-47,41	-52,33	-4,92	-49,01	-51,43	-2,42	-49,96	-51,74	-1,78
1570	1569,998	-47,41	-51,7	-4,29	-48,24	-51,5	-3,26	-50,19	-51,91	-1,72
1580	1580,087	-47,41	-52,74	-5,33	-49,22	-52,41	-3,19	-50,7	-52,43	-1,73
1590	1589,911	-45,13	-54,14	-9,01	-47,61	-54,3	-6,69	-49,4	-54,35	-4,95
1595	1595,223	-46,6	-55,16	-8,56	-50,01	-55,36	-5,35	-52,04	-55,48	-3,44
1600	1600,267	-44,08	-56,7	-12,62	-46,03	-56,69	-10,66	-49,4	-56,65	-7,25
1605	1605,311	-44,65	-57,5	-12,85	-48,78	-58,22	-9,44	-50,7	-58,3	-7,6
1610	1610,335	-44,8	-59,98	-15,18	-46,61	-60,18	-13,57	-50,01	-60,19	-10,18

Tabuľka C.5: *Namerané hodnoty LED diódy s nastaveným prúdom 90mA*

I=90mA, LED										
	P=1mW				P=0,5mW			P=0,25mW		
Rozsah(nm)	λ(nm)	Pc(dBm)	Pd(dBm)	Θ[dBm]	Pc(dBm)	Pd(dBm)	Θ[dBm]	Pc(dBm)	Pd(dBm)	Θ[dBm]
1510	1510,265	-50,97	-57,92	-6,95	-52,73	-58,62	-5,89	-54,64	-58,78	-4,14
1515	1515,045	-50,9	-56,7	-5,8	-51,89	-57,14	-5,25	-54,58	-57,34	-2,76
1520	1520,353	-50,97	-56,12	-5,15	-52,73	-56,71	-3,98	-54,32	-56,55	-2,23
1530	1530,177	-49,81	-54,35	-4,54	-50,23	-54,65	-4,42	-52,09	-54,48	-2,39
1540	1540,002	-46,78	-54,35	-7,57	-49,64	-53	-3,36	-50,72	-52,85	-2,13
1550	1550,736	-47,75	-51,82	-4,07	-49,3	-51,99	-2,69	-50,39	-52,03	-1,64
1560	1560,178	-45,79	-51,19	-5,4	-47,4	-51,12	-3,72	-49,13	-51,15	-2,02
1570	1570,266	-45,79	-51,23	-5,44	-47,4	-51,32	-3,92	-49,3	-51,15	-1,85
1580	1579,823	-44,41	-51,83	-7,42	-46,6	-51,68	-5,08	-48,19	-51,98	-3,79
1590	1589,911	-48,96	-53,34	-4,38	-50,81	-53,5	-2,69	-51,93	-51,98	-0,05
1595	1595,223	-44,98	-54,31	-9,33	-47,58	-54,3	-6,72	-49,64	-54,68	-5,04
1600	1600,267	-46,24	-55,49	-9,25	-49,3	-55,52	-6,22	-52,73	-54,68	-1,95
1605	1605,311	-49,3	-57,2	-7,9	-51,77	-57,19	-5,42	-53,36	-57,35	-3,99
1610	1610,335	-47,22	-58,55	-11,33	-47,4	-59,08	-11,68	-49,47	-59,22	-9,75

Tabuľka C.6: *Namerané hodnoty LED diódy s nastaveným prúdom 100mA*

I=100mA, LED										
	P=1mW				P=0,5mW			P=0,25mW		
Rozsah(nm)	λ(nm)	Pc(dBm)	Pd(dBm)	Θ[dBm]	Pc(dBm)	Pd(dBm)	Θ[dBm]	Pc(dBm)	Pd(dBm)	Θ[dBm]
1510	1510,001	-49,47	-57,46	-7,99	-50,77	-58,73	-7,96	-52,57	-58,46	-5,89
1515	1515,045	-50,02	-56,7	-6,68	-51,13	-57,5	-6,37	-52,98	-57,78	-4,8
1520	1520,089	-50,45	-55,87	-5,42	-51,64	-56,29	-4,65	-53,65	-56,44	-2,79
1530	1530,177	-47,53	-54,43	-6,9	-51,64	-54,59	-2,95	-52,57	-54,64	-2,07
1540	1540,002	-49,39	-52,66	-3,27	-49,81	-53,17	-3,36	-50,88	-53,17	-2,29
1550	1550,09	-48,3	-51,83	-3,53	-47,22	-53,17	-5,95	-48,53	-53,17	-4,64
1560	1560,178	-46,78	-51,14	-4,36	-47,22	-51,08	-3,86	-50,39	-51,54	-1,15
1570	1569,998	-46,17	-51	-4,83	-47,75	-51,12	-3,37	-50,39	-51,54	-1,15
1580	1580,355	-46,17	-51	-4,83	-46,96	-51,14	-4,18	-48,53	-51,46	-2,93
1590	1590,179	-44,79	-52,59	-7,8	-46,62	-52,77	-6,15	-47,58	-52,71	-5,13
1595	1595,223	-42,13	-53,68	-11,55	-46,78	-53,68	-6,9	-49,81	-52,71	-2,9
1600	1599,999	-43,38	-54,67	-11,29	-46,78	-54,95	-8,17	-50,88	-54,81	-3,93
1605	1604,779	-45,06	-55,94	-10,88	-46,58	-55,96	-9,38	-50,72	-56,12	-5,4
1610	1609,823	-42,53	-57,86	-15,33	-46,58	-57,9	-11,32	-50,23	-57,92	-7,69